НАЛАДКА СТАНКОВ С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

ПРОФТЕХОБРАЗОВАНИЕ

ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ
РЕЗАНИЕМ

НАЛАДКА СТАНКОВ С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

23455

НАЛАДКА СТАНКОВ С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Одобрено Ученым советом
при Государственном комитете
Совета Министров СССР
по профессионально-техническому образованию
в качестве учебного пособия
для средних профессионально-
технических училищ

КИЕВСКИЙ ВЕЧЕРНИЙ
АВИАЦИОННЫЙ
ТЕХНИКУМ
БИБЛИОТЕКА
инв. № 23455

МОСКВА «ВЫСШАЯ ШКОЛА» 1976

6П4.6
Н 23

Авторы

**А. Н. Ковшов, В. А. Ратмиров, И. А. Вульфсон,
В. Л. Косовский, Р. Б. Марголит, А. М. Мейстель,
Б. И. Черпаков**

Отзывы и замечания просим присылать по адресу: *Москва, К-51, Неглинная ул., 29/14, издательство «Высшая школа»*

Наладка станков с программным управле-
Н 23 нием. Учеб. пособ. для средн. проф.-техн. учи-
лищ. М., «Высш. школа», 1976.

280 с. с ил.

На обороте тит. л. авторы: А. Н. Ковшов, В. А. Ратмиров, И. А. Вульфсон и др.

В книге изложены основные вопросы конструкции и наладки станков с ЧПУ различного технологического назначения: фрезерные, сверлильно-расточные, токарные, типа «обрабатывающий центр».

В учебном пособии также рассматриваются конструкции автоматических линий и участков из станков с ЧПУ.

Н $\frac{31207-324}{052(01)-76}$ БЗ-22-9—76 6П4.6

© ИЗДАТЕЛЬСТВО «ВЫСШАЯ ШКОЛА», 1976.

ПРЕДИСЛОВИЕ

В решениях XXV съезда КПСС отмечено, что в десятой пятилетке первостепенная роль в повышении технического уровня производства принадлежит машиностроению, которое будет развиваться динамично как в качественном, так и в количественном отношении. Производство автоматических линий в десятой пятилетке увеличится в 1,7 раза, станков с числовым программным управлением — в 1,5 раза.

Курс специальной технологии для подготовки наладчиков станков с числовым программным управлением в системе профессионально-технического образования включает вопросы построения систем программного управления и наладки их электрической и электронной частей, которым посвящена книга «Устройство автоматики станков с программным управлением», и изучение конструкций и способов наладки станков с ЧПУ различного технологического назначения, которые описаны в настоящей книге.

В этой книге описаны основные группы станков с ЧПУ, их наладка и эксплуатация: фрезерные, токарные, сверлильно-расточные, обрабатывающие центры и участки станков с ЧПУ. Несмотря на то что в настоящее время участки из станков с ЧПУ, управляемые от центральной ЭВМ, проходят только опытно-промышленную эксплуатацию, было признано необходимым привести их описание, учитывая их исключительную перспективность. Отметим, что в книге не приводится описание некоторых важных по своему технико-экономическому эффекту станков с ЧПУ, например профилешлифовальных или дыропробивных прессов, но знание приводимого материала позволит наладчику без труда освоить наладку и этих станков.

В книге основное внимание обращено на наладку собственно процесса обработки и связанной с ним оснастки — крепежных приспособлений, режущего и вспомогательного инструмента. Наряду с этим описываются ремонтные и обслуживающие мероприятия, обеспечивающие бесперебойную работу оборудования. Изучение материала данной книги необходимо как для наладчиков электронно-управляющей части станков с ЧПУ, так и для наладчиков процесса обработки на станках.

Заслуженный деятель науки и техники,
докт. техн. наук, профессор *В. ВАСИЛЬЕВ*,

ВВЕДЕНИЕ

Труд заводского коллектива, начиная от конструктора, спроектировавшего машину, которую должен выпускать завод, или инженера отдела снабжения, который заказал необходимые материалы для изготовления этой машины, получает нужное завершение в собранной машине из деталей, обработанных на станках. Наладчику станков в этом коллективе отводится одна из наиболее ответственных задач. От него зависит в первую очередь качество деталей и производительность. Качество деталей зависит от того, как он произвел наладку, производительность — насколько быстро он выполнил наладку.

Станки с ЧПУ сочетают в себе свойства «традиционных» полуавтоматов, широко эксплуатируемых в массовом и крупносерийном производстве, и универсальных станков, эксплуатируемых в мелкосерийном и индивидуальном производстве. Свойства полуавтоматов в станках с ЧПУ выражаются в том, что будучи налажены, станки повторяют по программе все движения без вмешательства станочника — он только меняет заготовку, периодически проверяет размеры обработанной детали для подналадки и наблюдает за ходом процесса (правильный сход стружки, случайная поломка инструмента и т. д.).

Свойства универсальных станков с ручным управлением, у которых управление станком осуществляется вручную квалифицированным рабочим, а переналадка либо вообще не производится, либо меняется, например патрон, резец или тиски, проявляются в станках с ЧПУ во вводе управляющей программы вместо смены кулачков и упоров, в широком использовании корректоров, позволяющих простейшим образом изменить размер обрабатываемой детали, т. е. провести подналадку.

Для ускорения процесса переналадки в станках с ЧПУ используется ряд мер:

работа с предварительно настроенным на размер инструментом;
используются универсально-сборные зажимные приспособления;
настройка на размер ведется за счет корректоров;
режимы резания корректируются с пульта в процессе обработки.

Уже в 30-х годах велись работы по оснащению автоматов и полуавтоматов с предварительно настроенным инструментом, которые показали, что при этом можно получить точность примерно 3а класса. Если нужно получить более точные размеры, то необходимо корректировать положение инструмента в резцедержавке или саму резцедержавку. Это вызывает существенные трудности, так как необходимо предусматривать регулировочные винты с расслаблением крепления, что существенно снижает жесткость крепления, и в большинстве случаев регулировка ведется с предварительным раскреплением инструмента и последующим подстукиванием. Это требует высокого мастерства наладчиков и занимает много времени.

В программных станках для этого достаточно на пульте переставить уставки соответствующих корректоров, что повлечет за собой изменение хода суппорта без какой-либо перестановки собственно инструмента.

Такая возможность позволяет резко сократить количество пробных деталей для наладки на размер. Наладчики, для того чтобы не портить ни одной заготовки, ведут наладку при такой установке корректоров, при которой деталь будет получаться полней, чем задано. Проведя затем измерение полученных размеров детали, наладчик устанавливает так корректоры, чтобы получить из данной предварительно обработанной детали после повторной обработки годную деталь. Все последующие детали получаются годными при условии выборочной проверки размеров обрабатываемых деталей с введением коррекции на учет износа инструментов.

Для токарных станков предусматривается ряд комплектов корректоров по осям X и Z. Для фрезерных станков коррекция ведется на диаметр фрезы, или, как говорят, корректируется эквидистанта (см. гл. II 1-й книги *).

Совместно с управляющей программой к станку поступает сопроводительная документация, которая содержит все необходимые сведения для наладчика, для того чтобы он мог провести без затруднений наладку. Пример карты наладки для токарных станков приведен в тексте книги (см. рис. 82).

Обычно наладчик начинает обработку первой детали с ускоренной проверки перфоленты с управляющей программой (без отработки команд на станке) на ускоренном ходу. Затрачивая несколько секунд, наладчик убеждается, что на ленте нет никаких дефектов, вызывающих ложные команды, точнее, вызывающие остановку считывания перфоленты (см. гл. II 1-й книги) при контроле на четность или по контрольной сумме.

Очень важной функцией наладчика является выяснение причин сбоя работы станка или невозможности получения нужного качества обработки детали (ошибки в управляющей программе, сбои работы системы управления, неточности исполнительных органов станка и т. д.). Поэтому в данной, 2-й, книге основное внимание обращено на описание набора инструментов, кинематики той или иной группы станков, конструкции исполнительных механизмов.

---

* Вульфсон И. А., Ковшов А. Н. и др. Устройство автоматики станков с программным управлением. М., «Высшая школа», 1976 г.

Глава I

ФРЕЗЕРНЫЕ СТАНКИ С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ, ИХ НАЛАДКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ

Фрезерные станки с программным управлением предназначены для обработки деталей сложных плоскостных и пространственных форм.

Использование фрезерных станков с программным управлением дает возможность увеличить производительность обработки деталей более чем в три раза, сократить производственный цикл обработки и время на подготовку производства, так как отпадает надобность в изготовлении специальной дорогостоящей оснастки (шаблонов, копиров, специальных приспособлений и инструментов). С использованием станков с программным управлением отпадает необходимость в трудоемкой ручной доработке и доводке деталей.

Фрезерные станки с программным управлением по конструктивному оформлению имеют целый ряд разновидностей как по расположению шпинделя (горизонтальное или вертикальное), так и по числу координат перемещения, задаваемых столу, а также по количеству используемых последовательно на станке инструментов и способу их закрепления на станке (в револьверной головке или в магазине инструментов).

Конструктивное разнообразие фрезерных станков с программным управлением вызвано необходимостью обрабатывать на них детали самых разнообразных форм и размеров и использовать при этом не только цилиндрические, торцовые, концевые и фасонные фрезы, но и различные инструменты для обработки отверстий, такие, как расточные резцы, зенкеры и развертки.

§ 1. ОСОБЕННОСТИ ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Рассмотрим общие характерные особенности фрезерных станков с программным управлением. Как и у обычных фрезерных станков с ручным управлением, обрабатываемая заготовка устанавливается на столе станка и совершает вместе со столом движение формообразования по трем координатным направлениям X, Y и Z или по двум координатным направлениям X и Y, а по третьему координатному направлению Z совершает движение режущий инструмент, установленный в шпинделе станка, Основной особенностью станка с программным управлением является автоматизация всех формообразующих движений. К другим особенностям можно отнести автоматизацию вспомогательных перемещений, таких, как:

1) смену инструмента при наличии револьверных барабанов или инструментальных магазинов;
2) автоматическую установку режимов обработки;
3) коррекцию положения инструмента;
4) поворот детали на поворотном столе при наличии последнего.

Фрезерные станки имеют два типа программного управления: контурное и прямоугольное.

Контурное управление применяется во фрезерных станках, предназначенных для обработки деталей, имеющих сложный обрабатываемый профиль (различные кулачки, штампы, прессформы и др.).

Траектория перемещения изделия в этих станках может быть самая разнообразная в зависимости от требуемого профиля обрабатываемого изделия.

Количество управляемых координат, как правило, три, и только в особо сложных случаях в станках, имеющих поворотные фрезерные головки и поворотные столы, может быть четыре или пять.

Прямоугольное управление применяется в станках, в которых перемещение изделия осуществляется только лишь в направлении координатных осей, обработка сложных поверхностей в этом случае весьма усложнена и выполняется в исключительных случаях.

Разновидностью этого типа станков являются станки с цикловым управлением, особенностью которых является то, что контроль размеров и отработка цикла осуществляются с помощью кулачков, а логическая информация о последовательности и характере обработки задается на программоносителе, выполненном в виде перфоленты, штекерного табло, барабана упоров и т. д. Этот тип станков пригоден для фрезерования плоскостей, скосов, лысок, пазов, уступов, разновысоких бобышек.

По компоновке фрезерные станки делятся на три группы: консольно-фрезерные, бесконсольные и продольно-фрезерные.

Схематическое изображение компоновок станков с указанием координатных осей приведено на рис. 1. Обозначение координатных осей соответствует рекомендациям международного стандарта.

Отличительной особенностью консольно-фрезерных станков (рис. 1, *а*, *б*) является то, что стол перемещается по всем трем координатным направлениям: продольному — X, поперечному — Y и вертикальному — Z (координаты, указанные без штрихов, указывают на положительное направление движения инструмента относительно обрабатываемой детали). Станки этой компоновки удобны в обслуживании, так как имеют постоянную независимо от высоты заготовки зону резания, занимают небольшую площадь, имеют меньшую массу по сравнению со станками такого размера других компоновок. Станки этой группы могут быть одноинструментными (рис. 1, *а*) или многоинструментными с револьверной головкой (рис. 1, *б*).

В бесконсольных станках (рис. 1, *в*, *г*) стол не перемещается вертикально, а двигается фрезерная головка. В этих станках стол монтируется на массивном основании и поэтому станки обладают большей жесткостью, а следовательно, и точностью по сравнению с консольно-фрезерными станками.

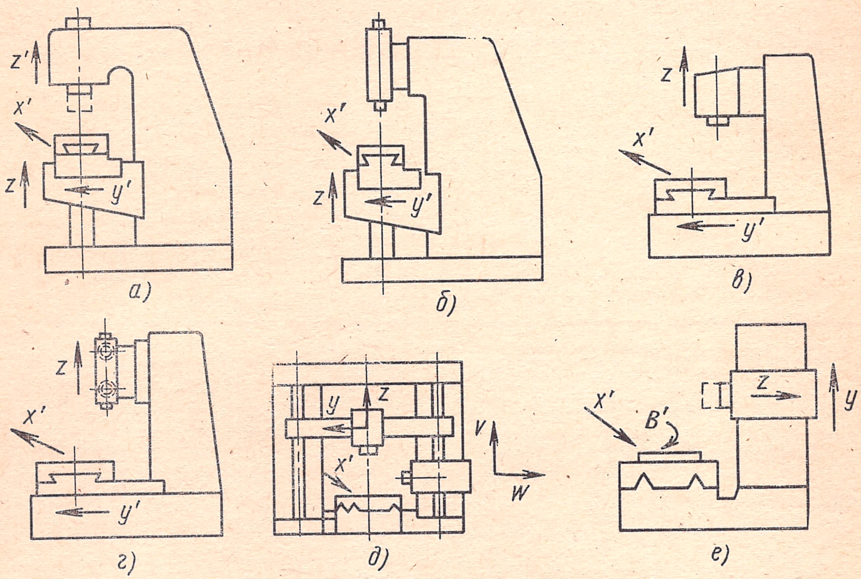


Рис. 1. Компоновки фрезерных станков с программным управлением:

а — вертикально-фрезерный консольный станок, *б* — вертикально-фрезерный консольный станок с поворотной револьверной головкой, *в* — вертикально-фрезерный бесконсольный станок, *г* — вертикально-фрезерный бесконсольный станок с поворотной револьверной головкой, *д* — продольный двухстоечный фрезерный станок с поперечиной, вертикальной и горизонтальной шпиндельной бабкой, *е* — продольный одностоечный фрезерный станок с горизонтальной шпиндельной бабкой

Бесконсольные станки выпускаются как одноинструментными (рис. 1, *в*), так и с револьверным барабаном или с инструментальным магазином (рис. 1, *г*).

Консольно-фрезерные станки выпускаются с шириной стола 200; 250; 320 и 400 мм. Бесконсольные фрезерные станки — с шириной стола 320; 400; 500 и 630 мм.

В компоновке продольно-фрезерных станков (рис. 1, *д*, *е*) выпускаются, как правило, тяжелые станки с шириной стола 630; 800; 1000 мм.

Эти станки выпускаются одностоечными (рис. 1, *е*) и двухстоечными (рис. 1, *д*).

Фрезерный станок с ЧПУ любой компоновки в отличие от станков с ручным управлением имеет свой привод подачи для каждой управляемой координаты движения, причем эти приводы, работающие от управляющих систем, должны обеспечить высокую точность позиционирования и быстродействия. Эти основные требования к приводам выполняются за счет:

1) использования быстродействующих приводных двигателей;
2) увеличения жесткости кинематических цепей привода;
3) устранения зазоров в кинематических цепях;
4) уменьшения потерь на трение в направляющих перемещающихся узлов станка;
5) подбора соответствующей массы перемещаемого узла.

Во фрезерных с ЧПУ станках используются три типа приводных двигателей: гидравлический (гидроцилиндр); электрогидравлический (шаговый); следящий электрический.

В приводах подачи между приводным двигателем и ходовым винтом располагается редуктор с беззазорными зубчатыми передачами. Ходовые винты и гайки выполнены в виде шариковых винтовых пар.

Применение редукторов с беззазорными зубчатыми передачами и шариковых винтовых пар значительно повышает жесткость кинематической цепи привода и приводит к устранению зазоров в ее элементах.

Для уменьшения потерь на трение в направляющих у ряда тяжелых станков применяются направляющие качения в виде танкеток.

§ 2. ТОЧНОСТЬ ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Точность обработки деталей на фрезерных станках с программным управлением определяется: геометрической точностью станка; сохранением заданной геометрической точности в процессе обработки; точностью отработки заданной программы; погрешностями системы «станок—приспособление—инструмент—деталь» (СПИД).

Геометрическая точность станка выявляется при проверке базовых деталей станка, точности взаимного расположения узлов и точности их перемещения.

Нормы точности на станки и методы их проверки приведены в акте приемки станков ОТК завода-изготовителя. В процессе эксплуатации станка необходимо периодически производить проверку точности и восстанавливать ее в случае потери, производя требуемые ремонтные и регулировочные работы.

Ниже в табл. 1 приводятся нормы точности консольно-фрезерного станка с программным управлением модели 6Р11Ф3.

Для других фрезерных станков количество проверок может быть увеличено в связи с наличием дополнительных узлов, в частности поворотных столов, револьверных барабанов и инструментальных магазинов, допускаемые же отклонения зависят от принятой точности станка и его основных размеров и устанавливаются в соответствии с ГОСТом.

ТАБЛИЦА 1

№ проверок	Проверки	Допускаемые отклонения, мм
1	Плоскостность рабочей поверхности стола на длине 1000 мм (допускается только вогнутость)	0,02
2	Взаимная перпендикулярность продольного и поперечного перемещения стола в горизонтальной плоскости на длине 300 мм	0,012
3	Параллельность рабочей поверхности стола направлению его продольного перемещения на всей длине хода стола	0,02
4	Параллельность рабочей поверхности стола направлению его поперечного перемещения на всей длине хода стола (стол может иметь отклонение только к станине)	0,012
5	Параллельность боковых сторон среднего паза стола направлению его продольного перемещения на всей длине хода стола	0,025
6	Осевое биение шпинделя	0,010
7	Биение торцовой поверхности переднего конца фрезерного шпинделя	0,014
8	Радиальное биение оси конического отверстия шпинделя:	
	а) у торца шпинделя	0,007
	б) на расстоянии 300 мм	0,014
9	Радиальное биение наружной цилиндрической посадочной поверхности переднего конца шпинделя	0,008
10	Перпендикулярность оси вращения шпинделя к рабочей поверхности стола:	
	а) на диаметре 300 мм в продольной плоскости	0,012
	б) на диаметре 300 мм в поперечной плоскости (наклон только в сторону станины)	0,02
11	Перпендикулярность направления вертикальности перемещения шпиндельной ползушки к поверхности стола:	
	а) в продольной плоскости	0,010
	б) в поперечной плоскости (наклон только в сторону станины)	0,012
12	Перпендикулярность рабочей поверхности стола к направлению вертикального перемещения консоли в продольной и поперечной плоскостях:	
	а) вдоль продольной оси стола на длине 300 мм (отклонения могут быть в обе стороны)	0,012
	б) вдоль поперечной оси стола на длине 300 мм (верхний конец угольника может отклоняться только в сторону станины)	0,02
13	У обработанных поверхностей образца проверяют:	
	а) плоскостность обработанной на станке поверхности на длине 300 мм	0,012
	б) параллельность верхней обработанной поверхности основанию на длине 300 мм	0,016
	в) перпендикулярность боковых обработанных поверхностей основанию на длине 300 мм	0,02
	г) взаимную перпендикулярность боковых (и торцовых) поверхностей между собой на длине 300 мм	0,02
	д) прямолинейность и параллельность стенок паза на длине 300 мм	0,02
14	Относительное перемещение под нагрузкой стола и оправки, закрепленной в шпинделе	0,48

На станках с ЧПУ дополнительно вводится ряд проверок:

1. **Точность отработки единичных импульсов.**

Метод проверки показан на рис. 2. Между проверяемыми узлами устанавливают индикатор так, чтобы его мерительный наконечник касался подвижного узла станка. Нажатием на кнопку единичных импульсов или от перфоленты перемещают узел на один импульс и по индикатору проверяют правильность отработки.

Проверку производят многократно на длине перемещения в 1 мм по всем управляемым координатам.

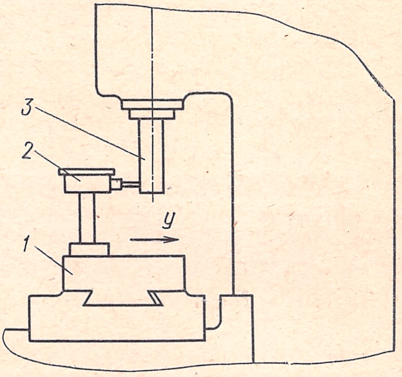


Рис. 2. Схема установки индикатора при точностных проверках фрезерного станка:

1 — стол станка, *2* — индикатор, *3* — оправка, вставленная в шпиндель станка (неподвижный узел)

Точность отработки единичного импульса определяется как средняя из нескольких импульсов.

2. **Точность установки узлов в нулевое положение.**

Метод проверки. Устанавливают индикатор так же, как и в случае предыдущей проверки, выведя перемещаемый узел в нулевое положение, и в этом положении устанавливают нуль на индикаторе.

Отработав произвольное количество импульсов или тест-программу, возвращают узел в исходное положение, индикатор будет показывать ошибку установки в нулевое положение, которая не должна превышать ±0,025 мм.

3. **Общий мертвый ход (люфт) по каждой координате.**

Метод проверки. Устанавливаем индикатор так же, как и при предыдущих проверках. Вращая за квадрат входной вал редуктора, смещаем перемещаемый узел, замеряя при этом по лимбу первоначальное положение вала редуктора. Смещение производим на 0,3—0,4 мм, произведя отсчет по индикатору. Затем вращаем входной вал редуктора до первоначального положения, снимаем на индикаторе отсчет.

Разность между отсчетами и будет величиной мертвого хода подвижного узла, которая не должна превышать 0,02 мм по каждой координате.

При отсутствии лимба на входном валу редуктора можно установить стрелку, сделанную из жести или картона.

4. **Точность обработки круга в режиме программного управления.**

Метод проверки. По тест-программе движением стола (плоскость *X*—*Y*) обрабатывают плоскую заготовку, имеющую форму круга.

Погрешность полученной окружности в диаметральном направлении не должна превышать ±0,1 мм.

5. **Точность обработки детали в плоскости $X—Z$ в режиме программного управления.**

Метод проверки. По тест-программе движением стола и шпинделя (плоскость $X—Z$) обрабатывают заготовку.

Погрешность полученной детали не должна превышать ±0,1 мм.

Если все проверки покажут, что геометрическая точность станка удовлетворяет нормам, то на станке можно производить обработку заготовок.

К основным погрешностям системы СПИД фрезерных станков с ЧПУ относятся:

а) износ некоторых элементов и узлов;

б) погрешности установки инструмента в исходную точку обработки;

в) погрешности обработки, вносимые инструментом;

г) погрешности установки и закрепления заготовки;

д) погрешности, возникающие в результате упругих деформаций системы СПИД;

е) погрешности обработки, возникающие в результате температурных деформаций станка, детали и инструмента.

Износ некоторых элементов и узлов, например шариковых пар ходовых винтов, направляющих различных передач и соединений, вызывает появление люфта, что непосредственно влияет на точность обработки.

Так, для уменьшения неравномерности износа шариковых пар и направляющих необходимо стремиться к симметричному расположению приспособлений на столе станка относительно его поперечной оси (оси Y) и к равномерной раскладке заготовок на столе станка.

Чтобы устранить влияние люфтов на форму детали, рекомендуется реверсирование производить в тот момент, когда при чистовом фрезеровании фреза не находится в контакте с поверхностью заготовки.

Погрешности установки инструмента в исходную точку обработки имеют существенное значение, если они превышают значение трех импульсов для систем с шаговым двигателем (т. е. более 0,03 мм). Если погрешность установки в исходную точку менее указанного значения, то при включении рабочей подачи фреза устанавливается в исходную точку автоматически.

Погрешности обработки, вносимые инструментом, вызываются неточностью его изготовления. Точность изготовления инструмента регламентируется ГОСТ 17025—71, определяющим допустимые отклонения основных параметров фрез. Так, технические требования к концевым фрезам, широко используемым на станках с программным управлением, обусловливают следующие допустимые отклонения:

а) допускается ширина ленточки по задней поверхности зуба не более 0,02 мм;

б) радиальное биение зубьев относительно хвостовика не более 0,03 мм;

в) торцовое биение режущих кромок зубьев относительно хвостовика не более 0,05 мм и т. д.

Так как неточность изготовления инструмента непосредственно отражается на точности детали, необходимо перед установкой инструмента на станке строго контролировать выполнение размеров инструмента и соблюдение технических требований на его изготовление.

Кроме того, биение инструмента не дает возможности получить удовлетворительной шероховатости обрабатываемых поверхностей (в пределах 5—6-го классов шероховатости по ГОСТ 2789—59). Диаметр фрезы принимают в соответствии с технологической картой. В случае обнаруженного отклонения от требуемого диаметра, а также после переточки фрезы, вызвавшей изменение диаметра, необходимо вводить коррекцию на пульте программного управления там, где она предусмотрена.

Биение инструмента может быть устранено только лишь его перешлифовкой, однако в этом случае изменится и диаметр инструмента, что вызовет необходимость в проведении коррекции.

Погрешности установки и закрепления заготовки слагаются из погрешности установки приспособления на столе станка, погрешности установки заготовки в приспособлении и погрешности, возникающей при перезакреплении заготовки.

На фрезерных станках с программным управлением в большинстве случаев применяется установка приспособлений, имеющих установочные элементы, такие, как штыри, шпонки или шпоночные пазы. Для точной установки приспособлений эти установочные элементы не должны иметь забоин и других повреждений, снижающих точность установки, поэтому рекомендуется применение предохранительных пробок, накладных щитков, деревянных подкладок, предохраняющих рабочую поверхность приспособлений от повреждений.

Подробно установка приспособлений рассмотрена в § 3 данной главы.

Способы базирования заготовки, соответствующие им погрешности и рекомендации по их уменьшению такие же, как и при фрезеровании на обычных фрезерных станках. Погрешность закрепления заготовки возникает вследствие непостоянства зажимных усилий. Для стабилизации зажимных усилий рекомендуется использовать приспособления с пневмо- и гидроприводом, а также применять гаечные ключи с тарированным моментом.

При стабильных зажимных усилиях погрешность закрепления имеет постоянную величину и может быть учтена и скорректирована.

Погрешности, возникающие при перезакреплении заготовки, связаны с ее короблением, которое возникает вследствие нарушения равновесия внутренних напряжений в процессе фрезерной обработки.

В большой степени влияют на точность обработки деталей погрешности, возникающие вследствие упругих деформаций системы СПИД, из-за нестабильности силы резания и жесткости всей технологической системы.

Имеется два способа компенсации погрешностей обработки, возникающих вследствие упругих деформаций системы СПИД.

Первый способ состоит в введении соответствующей поправки в статическую настройку станка, т. е. расчетного положения заготовки и инструмента. Величина этой поправки может быть найдена путем обмера первой детали и коррекции программы по результатам измерений.

Поправка может быть также найдена расчетным путем и введена в программу перед началом обработки (метод предыскажения программы).

Второй способ состоит в стабилизации усилий резания путем автоматического регулирования результирующей подачи или скорости резания.

Погрешности обработки могут возникать в результате температурных деформаций системы СПИД из-за выделения тепла в процессе резания, трения в механизмах, гидроприводах и электроустройствах станка, передачи тепла из внешней окружающей среды.

Так, в консольно-фрезерном станке вследствие нагрева вертикальное смещение конца шпинделя относительно поверхности стола может достигать 150—160 мкм.

Из-за выделения тепла в процессе резания происходит деформация обрабатываемых деталей, искажаются их формы.

Например, при длине стальной детали 2 м изменение температуры на 10° С вызывает погрешность в 0,24 мм.

Влияют на точность обработки и тепловые деформации режущего инструмента. В начале резания наблюдается быстрый подъем температуры инструмента, затем этот рост замедляется и через непродолжительное время наступает состояние теплового равновесия.

Нагрев, а следовательно, и изменение размеров режущего инструмента растут с увеличением подачи, глубины и скорости резания.

Применение обильного охлаждения позволяет практически устранить температурные деформации инструмента.

Для уменьшения температурных деформаций системы СПИД необходимо:

1) ограждать станок от воздействия температуры окружающей среды; для этого следует в цехе поддерживать нормальный температурный режим (20° С), рационально располагать отопительные приборы, правильно размещать станки, чтобы исключить их взаимный нагрев, вводить в цехе приточно-вытяжную вентиляцию и т. д.;

2) уменьшать выделение тепла при резании путем применения обильного охлаждения и своевременного удаления стружки.

§ 3. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ЗАГОТОВОК ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ И ИХ УСТАНОВКА НА СТАНКЕ

Приспособления, используемые для закрепления заготовок при фрезеровании на станках с программным управлением, должны обладать: высокой точностью при закреплении заготовок и быстрой переналаживаемостью при переходе на закрепление новой заготовки.

Б—250

Этим требованиям в бо́льшей степени удовлетворяют приспособления УСП (универсально-сборные приспособления).

Сущность системы УСП заключается в том, что вместо проектирования и изготовления специальных приспособлений предприятие, располагая комплектом отдельных элементов приспособлений, имеет возможность собирать требуемые приспособления из этих элементов.

После обработки деталей при помощи сборных приспособлений последние разбирают на составные части, из которых сразу же можно собрать приспособления для обработки других деталей.

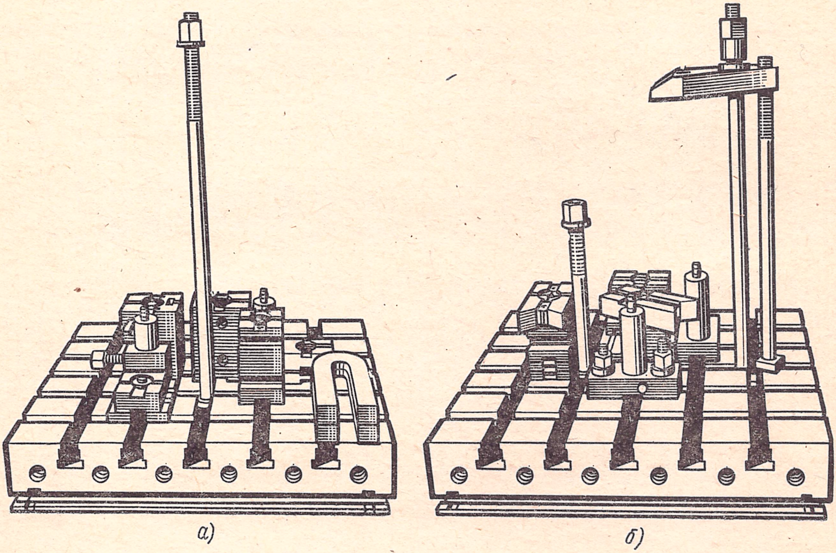


Рис. 3. Пример сборки приспособлений УСП для фрезерных станков:
а — с центральным зажимом детали сверху, *б* — с боковым зажимом детали сверху

Таким образом, все элементы УСП постепенно находятся в непрерывном обороте; одни и те же элементы многократно применяются в разнообразных компоновках.

Элементы УСП изготовляются из высококачественных материалов, термически обработанных до твердости HRC 58—62, что обеспечивает срок их службы 10—15 лет.

Примеры сборки приспособлений УСП для фрезерных станков приведены на рис. 3 и 4, а приспособления УСП с закрепленной в них заготовкой, установленные на столе фрезерного станка, — на рис. 5, 6.

На фрезерных станках с поворотными столами используются приспособления УСП, в которых детали зажимаются вручную гаечным ключом (желательно тарированным). На станках без поворотного стола можно использовать системы УСП, в которые входят наборы неразборных узлов, механизированных быстродействующих зажимов, к которым относятся гидравлические тиски, плиты с пневмоприводом, гидроблоки, представляющие собой плиту с несколькими гидроцилиндрами.

Зажимными элементами являются гидроцилиндры, эксцентриковые зажимы, универсальные прижимы и детали для их установки и крепления в различных положениях.

Привод гидрофицированных элементов УСП осуществляется от пневмогидроусилителя, преобразующего низкое давление сжатого воздуха (4—6 кГ/см^2) в высокое давление масла (100—150 кГ/см^2), что позволяет получить необходимые усилия зажима при сравнительно небольших размерах гидроцилиндров.

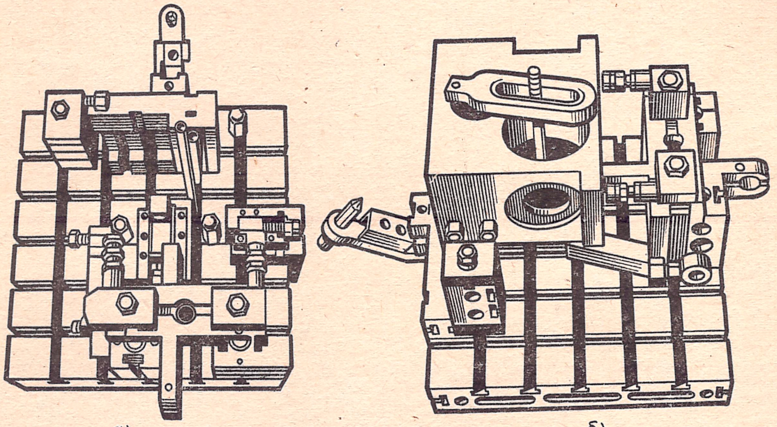

а) б)

Рис. 4. Пример сборки приспособлений УСП для фрезерных станков:

а — без детали, *б* — с зажимаемой деталью

Для обработки больших партий деталей на фрезерных станках кроме УСП могут использоваться специальные приспособления.

При обработке деталей на фрезерных станках с программным управлением очень важно правильно ориентировать контур обрабатываемой детали с исходной (нулевой) точкой и координатными осями станка.

Рекомендуются следующие способы установки и ориентации приспособлений:

1. Установка приспособлений по центральному калиброванному отверстию и калиброванным продольным пазам стола (рис. 7).

Приспособление имеет фиксирующий штырь или штырь и шпонку. Установку стола в заданную исходную точку производят по линейкам, лимбам, оптическим отсчетным устройствам станка или датчикам.

Этот способ обеспечивает быструю установку приспособления, однако не позволяет разместить несколько заготовок на столе.

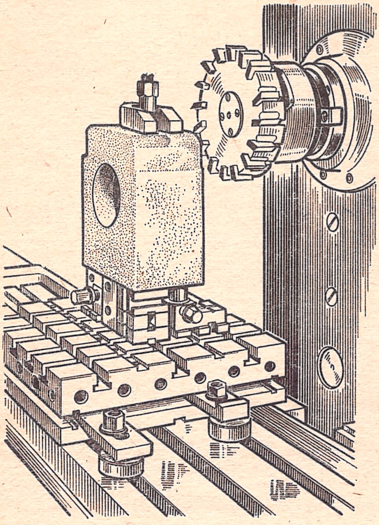


Рис. 5. Приспособление УСП с закрепленной заготовкой на фрезерном станке

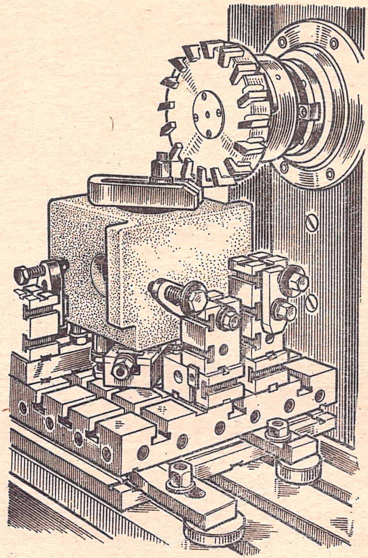


Рис. 6. Приспособление УСП с закрепленной заготовкой на фрезерном станке

2. Увязка приспособлений с помощью координатной плиты, закрепленной на столе станка.

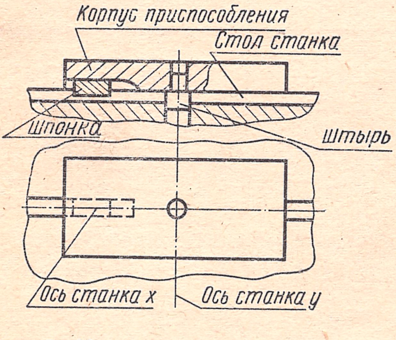


Рис. 7. Установка приспособления по центральному калиброванному отверстию и калиброванному пазу стола

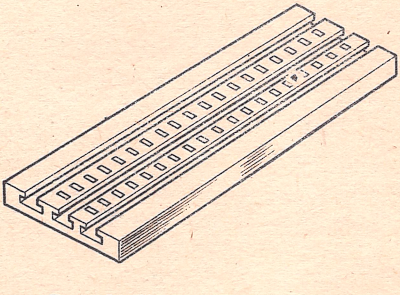


Рис. 8. Координатная плита

На рис. 8 изображена плита с калиброванными отверстиями, расположенными в определенном порядке, и Т-образными пазами для крепления приспособлений или заготовок. Приспособления

КИЕВСКИЙ ВЕЧЕРНИЙ АВИАЦИОННЫЙ ТЕХНИКУМ
БИБЛИОТЕКА
инв. № 23455

имеют фиксирующие штыри, а заготовки — калиброванные отверстия. Стол устанавливают в исходную точку, так же как и при первом способе.

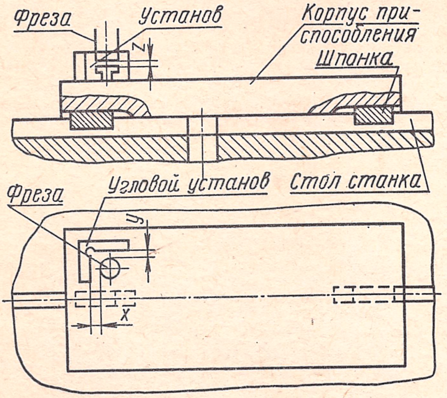


Рис. 9. Схема установки приспособления по угловому установу

При использовании координатной плиты достигаются быстрая смена приспособления и упорядоченное размещение деталей на столе.

3. **Установка приспособления на столе станка с базированием по калиброванным пазам шпонками.** Стол в исходную точку устанавливают с помощью щупа по угловому установу (рис. 9) или обкаткой фиксирующего штыря приспособления индикатором, установленным на шпинделе.

При таком способе базирования приспособления точность установки повышается, однако при этом увеличивается подготовительно-заключительное время при переходе на новое изделие.

§ 4. ИНСТРУМЕНТ И ОСНАСТКА ДЛЯ ЕГО ЗАКРЕПЛЕНИЯ НА ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКАХ С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Основным видом инструмента, используемого на станках с ЧПУ для обработки кулачков, пазов и контурного фрезерования различных деталей, являются калиброванные по наружному диаметру концевые фрезы.

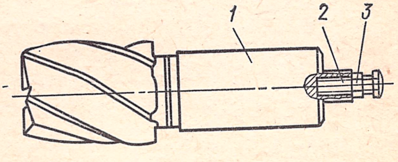


Рис. 10. Концевая фреза для станков с программным управлением

Особенностью концевых фрез, используемых на станках с программным управлением (рис. 10), является то, что их хвостовик *1* выполняется цилиндрическим, с поводком (лыской) на конце, которым хвостовик входит в прорезь оправки; поводок служит для передачи крутящего момента. В торец хвостовика ввернут винт *2*, при помощи которого устанавливается требуемый вылет фрезы. После настройки вылета фрезы винт *2* фиксируется контргайкой *3*. Вылет фрезы очень сильно влияет, особенно при обработке труднообрабатываемых сталей, на ее стойкость, поэтому вылет должен устанавливаться возможно меньшим.

Для обработки больших участков плоской поверхности используются торцовые фрезы общего назначения. На станках можно применять различного рода фасонные и специальные фрезы, у которых форма образующих соответствует конфигурации обрабатываемой поверхности.

Для обработки отверстий на станках используются сверла, зенкеры, развертки как обычного исполнения, так и с цилиндрическим хвостовиком, поводком и винтом для установки их вылета (рис. 11, 12), расфрезеровка концевыми фрезами.

Для чистовой обработки отверстий диаметром свыше 20 мм используются расточные оправки с микрометрической регулировкой (рис. 13). Резец *1* оправки *4* смонтирован во втулке *3*, относительно которой он может совершать поступательное движение при помощи лимба-гайки *2*.

Для подрезания торцов диаметром от 60 мм и выше используются специальные оправки (рис. 14). Ножи *1* в корпусе оправки *2* устанавливаются на требуемый размер кулачком *3*, который затем стопорится сухарем *4* при помощи винта *5*.

Оправки на конце своих цилиндрических хвостовиков имеют поводки и винты для установки вылета. Для закрепления инструмента в шпинделе станка используются патроны и оправки, которые позволяют точно устанавливать вылет инструмента.

На рис. 15 показан патрон для крепления мелкого концевого инструмента (фрезы, центровочные сверла, сверла с цилиндрическим хвостовиком и т. д.) диаметром от 8 до 20 мм.

Патрон состоит из корпуса *3* с коническим хвостовиком (конусность $^1/_{24}$), которым он базируется в шпинделе станка. В передней части корпуса расположена цанга *2*, в которой гайкой *1* крепится инструмент. Для размерной настройки инструмента служит упор *4*, который представляет собой трехступенчатый валик. На большем диаметре упора нарезана резьба, которой он ввертывается в резьбовое отверстие хвостовика корпуса патрона. Средний диаметр валика выполнен в виде кольцевой рейки, которая находится в зацеплении с зубчатым колесом *6*. Малый диаметр служит упором для инструмента. Для предотвращения самопроизвольного проворачивания упора *4* служит капроновый вкладыш *5*.

Для регулировки вылета инструмента поворачивают зубчатое колесо *6*, при этом начинает вращаться упор *4*, который по резьбе перемещается в осевом направлении относительно корпуса патрона. В патроне обеспечивается точность регулировки вылета инструмента в пределах ±0,01 мм.

Конструкция патрона предусматривает его механизированное закрепление в шпинделе станка. Для этой цели в резьбу хвостовика корпуса патрона ввертывается специальный хвостовик, конструкция которого зависит от применяемого в станке устройства для крепления инструмента.

Патроны могут применяться в станках с автоматической сменой инструмента, для чего в корпусе патрона предусмотрен кольцевой паз *7*, в который входит держатель механической руки станка.

Патрон для крепления инструмента с цилиндрическим хвостовиком диаметром от 20 до 50 мм показан на рис. 16.

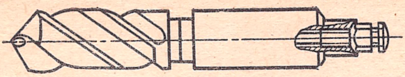


Рис. 11. Сверло для станков с программным управлением

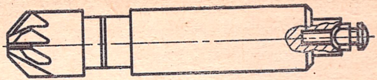


Рис. 12. Зенковка для станков с программным управлением

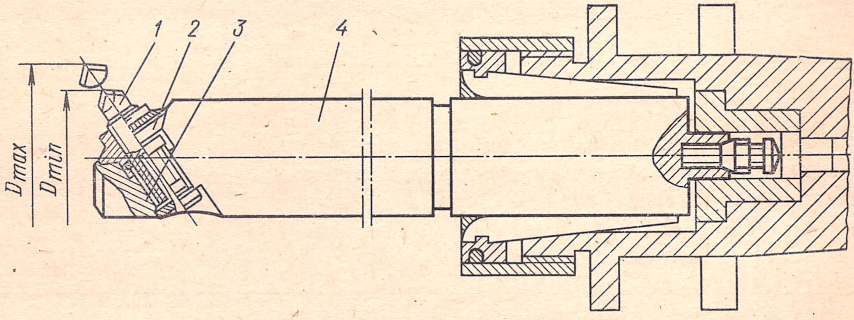


Рис. 13. Расточная оправка для станков с программным управлением

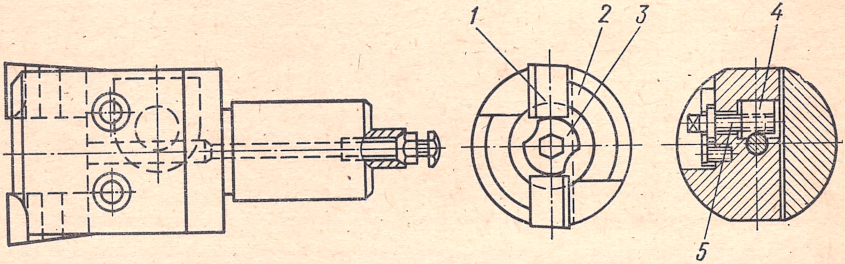


Рис. 14. Оправка для подрезания торцов на станках с программным управлением

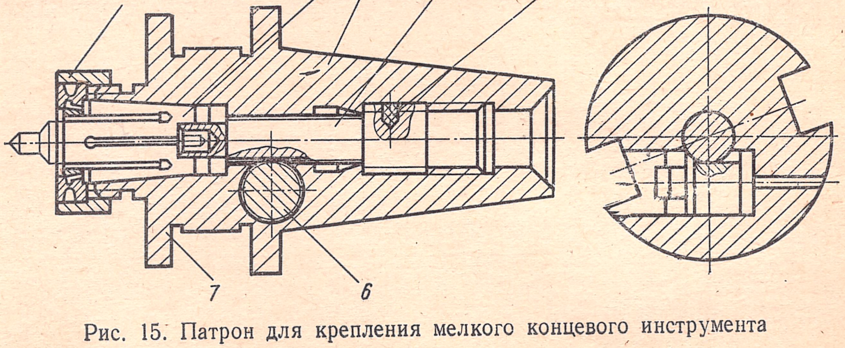


Рис. 15. Патрон для крепления мелкого концевого инструмента

Патрон состоит из корпуса *5* с коническим хвостовиком; в передней части корпуса расположена цанга *2*, в которой гайкой *1* крепится инструмент. Для передачи крутящего момента служит втулка *3*, в паз которой входит поводок инструмента. Регулировочный винт инструмента упирается во вкладыш *4*.

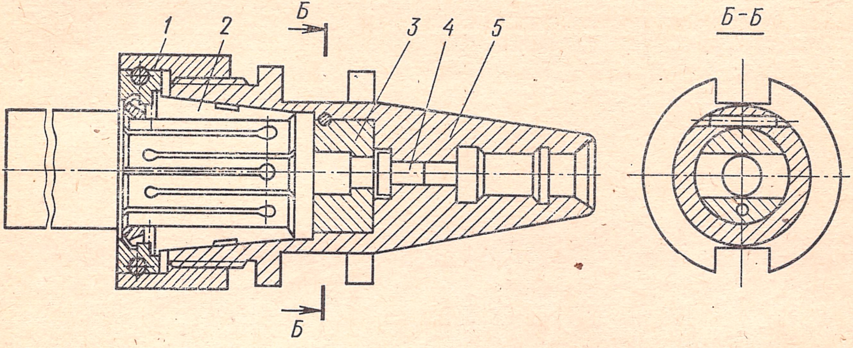


Рис. 16. Патрон для крепления инструмента с цилиндрическим хвостовиком диаметром от 20 до 50 мм

На рис. 17 показана оправка для крепления торцовых фрез и зенкеров небольшого диаметра. Оправка *3* имеет цилиндрический хвостовик с поводком и регулировочным винтом. На другом конце оправки имеется цилиндрическая часть для базирования фрезы и втулки *1* с торцовыми шпонками, которые входят в торцовый паз инструмента и служат для передачи крутящего момента.

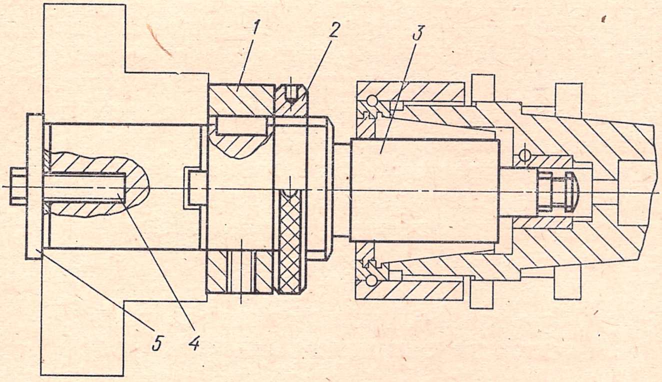


Рис. 17. Оправка для крепления торцовых фрез и зенкеров небольшого диаметра

Вылет инструмента регулируется гайкой *2*, перемещающейся по резьбе оправки. Инструмент крепится винтом *4* с шайбой *5*.

Оправка, показанная на рис. 18, служит для крепления торцовых фрез диаметром до 125 мм. Оправка *4* имеет конический хвостовик, которым она непосредственно устанавливается в шпинделе станка.

Передний конец оправки имеет цилиндрическую часть для базирования фрезы и резьбу для регулировочной гайки *3*. Между регулировочной гайкой и фрезой установлена втулка *2*, выступы которой входят в торцовый паз фрезы и регулировочной гайки.

После установки необходимой величины вылета фрезы регулировочная гайка стопорится винтом *5*. Фреза с торца крепится гайкой *1*.

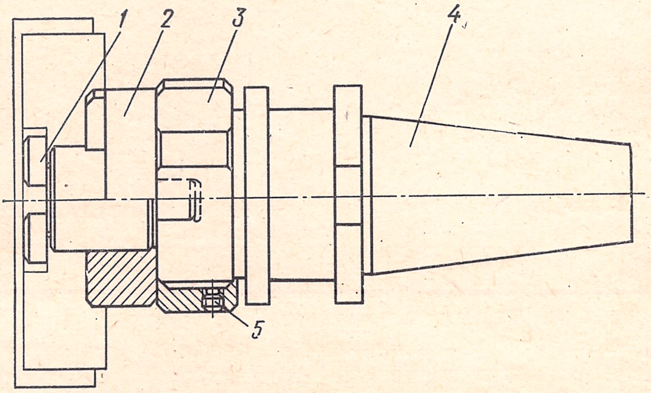


Рис. 18. Оправка для крепления торцовых фрез

Настройка приведенного выше инструмента в патронах и на оправках производится вне станка. Для измерения вылета могут использоваться универсальные измерительные средства или специальный прибор модели БВ-2013. При проведении настройки инструмента патроны и оправки должны быть установлены во втулке с внутренней конусностью $^7/_{24}$.

Втулка как бы воспроизводит собой шпиндель станка, и от торца втулки необходимо производить замеры вылета инструмента и регулировать его до размера, регламентированного картой наладки станка.

§ 5. ВЕРТИКАЛЬНО-ФРЕЗЕРНЫЙ СТАНОК С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ 6Р11Ф3

Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ модели 6Р11Ф3 приведен на рис. 19. Станок оснащен трехкоординатной системой программного управления. Перемещения от программы по трем координатам *X*, *Y* и *Z*. По координатам *X* и *Y* перемещается стол, а по *Z* — шпиндельная бабка, кроме того, консоль станка имеет наладочное перемещение по вертикали.

В станке применен электрогидравлический шаговый привод подачи, принципиальная схема которого приведена на рис. 20, Привод состоит из шагового двигателя *3*, гидроусилителя *4*, одноступенчатого редуктора *5* и ходового винта *7*, который приводит в движение исполнительный орган станка *8*. Шаговый двигатель преобразует командные импульсы от управляющей программы в фиксированный угол поворота ходового винта или в фиксированное линейное перемещение исполнительного органа.

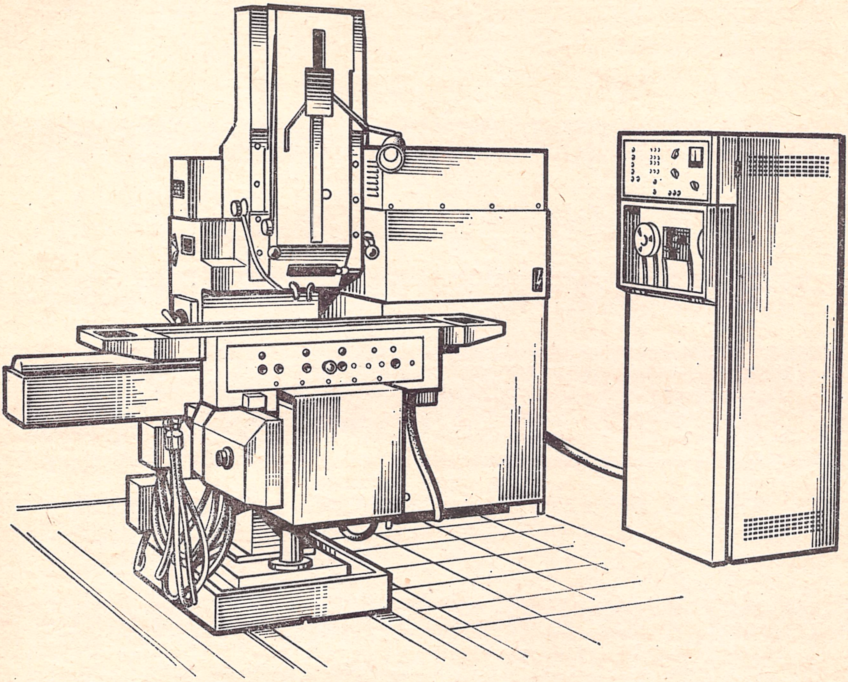


Рис. 19. Общий вид станка 6Р11Ф3

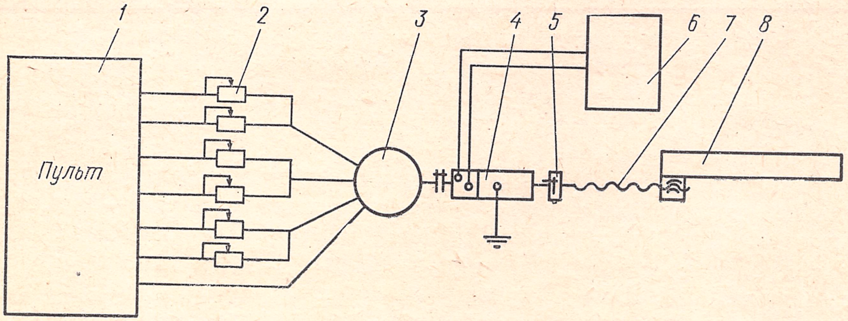


Рис. 20. Схема электрогидравлического привода подачи по одной координате станка 6Р11Ф3

Для управления станком использован пульт *1* «Контур 3П-68», который через форсировочные сопротивления *2* управляет шаговым двигателем *3*. Форсировочные сопротивления *2* служат для увеличения быстродействия шагового двигателя.

Питание гидроусилителя маслом осуществляется от отдельной насосной установки *6*.

Техническая характеристика станка

Размер рабочей площади стола, мм:	
длина	1000
ширина	250
Наибольшее перемещение стола, мм:	
продольное	630
поперечное	300
вертикальное	350
Расстояние от торца шпинделя до поверхности стола, мм:	
наименьшее	20
наибольшее	370
Наибольшее осевое перемещение шпинделя, мм	120
Перемещение стола и шпиндельной бабки за один импульс, мм	0,01
Число оборотов шпинделя, мин	80—2200
Число ступеней скоростей шпинделя	16
Мощность электродвигателя главного движения, кВт	5,5
Диапазон подач стола по координатам *X*, *Y* и *Z*, мм/мин	от 0 до 960
Скорость установочного вертикального перемещения стола, мм/мин	от 5 до 600
Наибольшее усилие, допускаемое механизмами подач по координатам *X*, *Y* и *Z* соответственно, кГ	1400; 1500; 1600
Габаритные размеры станка, мм:	
длина	2320
ширина	1865
высота	2240
Масса станка, кг	2200

Станина станка выполнена в виде массивной литой колонны. В верхней части станины, в направляющих, смонтирована шпиндельная бабка, привод которой осуществляется от коробки скоростей, находящейся в средней части станины.

В задней нижней части станины размещается электронасос для охлаждающей жидкости.

Снаружи, с правой стороны станины, размещается разветвительная коробка электрооборудования, с левой стороны — разветвительная коробка и крышка с гидропанелями. С передней стороны станины, в прямоугольных направляющих, смонтирована консоль с салазками и столом. Станина крепится к чугунному литому основанию, которое служит резервуаром для охлаждающей жидкости.

Кинематическая схема станка показана на рис. 21. Коробка скоростей станка при переключении 3 двухвенцовых блоков зубчатых колес позволяет иметь 16 различных чисел оборотов шпинделя — от 80 до 2200 об/мин.

Вращение от электродвигателя передается шпинделю по следующей кинематической цепи.

Вал *I*, вращаясь от электродвигателя, через блок зубчатых колес *20—21* и зубчатые колеса *22* и *19* передает валу *II* одну из двух возможных скоростей. С зубчатыми колесами *19*, *18*, *17* и *14* вала *II* последовательно входят в зацепление подвижные блоки *23—24* и *10—11*, таким образом, на вал *III* передается восемь различных скоростей вращения. С вала *III* зубчатыми колесами *12—13* вращение передается на ведущий шкив клиноременной передачи. Ведомый шкив смонтирован на втулке вала *IV*, и от него вращение может передаваться непосредственно валу *V*, когда зубчатое колесо *25* не сцепляется с зубчатым колесом *8* (при этом правая часть полумуфты *26* сдвинута влево), или через перебор, которым служат зубчатые колеса *9—27* и *25—8* при расцепленной муфте *26*. Таким образом, вал *V* через передачу *7—6* имеет 16 скоростей вращения, а от него через зубчатые колеса *5—4—1* вращение передается шпинделю станка *VIII*. Вертикальное перемещение шпиндельной бабки осуществляется от гидроусилителя *1-ГУ* через

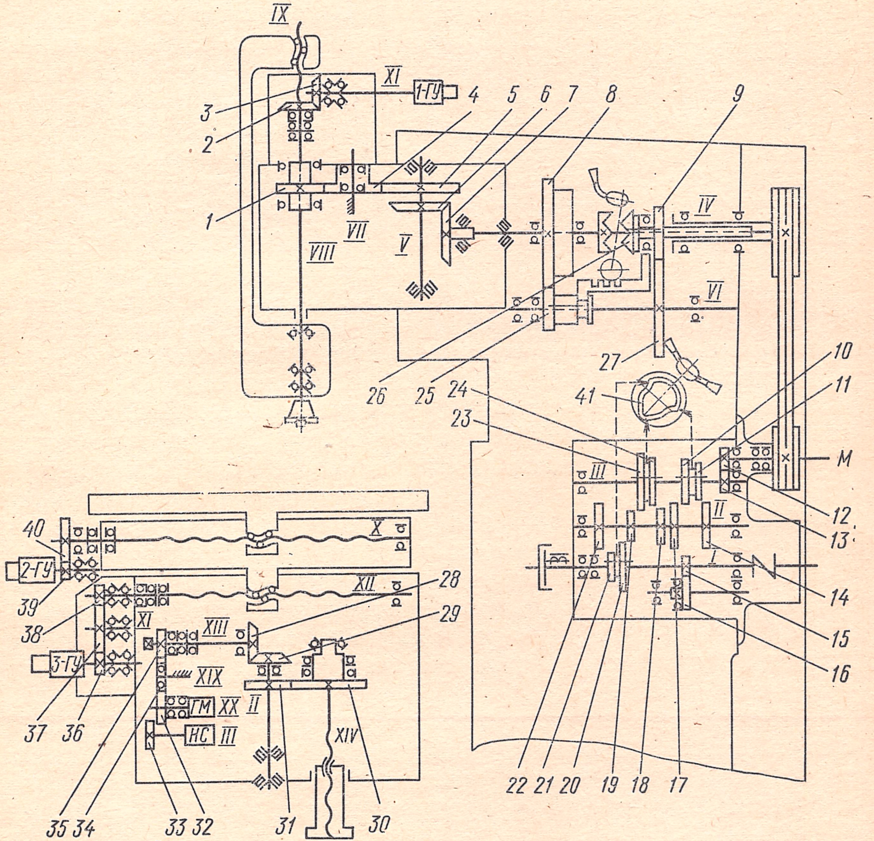

IX
XI
1-ГУ
1
2
3
4
5
6
7
8
9
VIII
VII
V
IV
VI
27
26
25
24
23
41
10
11
12
13
14
15
16
M
III
II
I
22
21
20
19
18
17
40
39
38
37
36
35
34
33
32
31
30
28
29
2-ГУ
3-ГУ
X
XII
XIII
XIX
XX
ГМ
НС
XIV

Рис. 21. Кинематическая схема станка 6Р11Ф3

зубчатые конические колеса *3—2* на винт *IX*. Винт закреплен на станине так, что не имеет осевых перемещений, а по оси Z перемещается гайка, закрепленная неподвижно на ползуне шпиндельной бабки.

Подача стола по оси *X* осуществляется от гидроусилителя *2-ГУ* через беззазорную цилиндрическую зубчатую передачу *39—40* на ходовой винт *X* продольной подачи. Подача по оси *Y* осуществляется от гидроусилителя *3-ГУ* через редуктор, состоящий из зубчатых колес *36—37—38*, на ходовой винт *XII* поперечной подачи. Передача на винт установочного *XIV* подъема консоли осуществляется от гидромотора *ГМ* через зубчатые передачи *32—34—35—28—29—31—30*. Гидромотор является также приводом насоса смазки консоли *НС*, последний включается при сцеплении зубчатых колес *32—33*. За квадрат вала *XIII* можно поднимать или опускать консоль рукояткой при ручной наладке. При этом необходимо отсоединить от кинематической цепи гидромотор *ГМ*, сдвинув зубчатое колесо *32* до зацепления с зубчатым колесом *33*.

Смазка коробки скоростей, шпинделя и направляющих шпиндельной бабки осуществляется плунжерным насосом, который приводится в движение от эксцентрика через зубчатые колеса *15—16*.

Рассмотрим устройство отдельных узлов станка.

Коробка скоростей показана на рис. 22. От вала *2*, соединенного упругой муфтой с валом укрепленного на корпусе коробки скоростей фланцевого электродвигателя *5*, через подвижные блоки зубчатых колес валов *1* и *2* и неподвижные зубчатые колеса вала *10* шкиву *9* клиноременной передачи могут передаваться восемь различных скоростей вращения.

Опоры шкива *9* клиноременной передачи смонтированы в поворотном фланце *8*, вал шкива связан с валом *1* с помощью зубчатой передачи *6—7*. При повороте фланца *8* шкив *9* клиноременной передачи описывает дугу, за счет чего достигается необходимое натяжение ремней.

Переключение блоков зубчатых колес производится поворотом специального кулачка (поз. *41* на рис. 21) с криволинейным пазом на торце. В пазу скользят пальцы, связанные системой рычагов с блоками шестерен. Вал кулачка выведен наружу и снабжен рукояткой с лимбом.

Кроме того, в коробке имеется вал *4*, связанный с валом *2* зубчатой передачей и вращающийся с постоянной скоростью, сидящий на нем эксцентрик осуществляет привод насоса смазки.

На входном валу коробки скоростей установлена тормозная электромагнитная муфта *3* для торможения шпинделя.

Шпиндельная бабка с приводом показана на рис. 23. Корпус бабки *10* имеет центрирующую шейку, которая при установке ее на станок входит в расточку станины и крепится к станине четырьмя шпильками. Передняя часть головки имеет направляющие, по которым вертикально перемещается ползун *4* шпиндельной бабки (координата *Z*). Для перемещения ползуна в верхней части его укреплена шариковая гайка *1*, которая перемещается по вертикали вместе с ползуном *4* и шпинделем *3* при вращении винта *2*.

Шариковый винт *2* получает вращение от гидроусилителя крутящего момента *1-ГУ*, закрепленного в корпусе на верхней части головки, через коническую зубчатую пару *11—12*. Вращение на

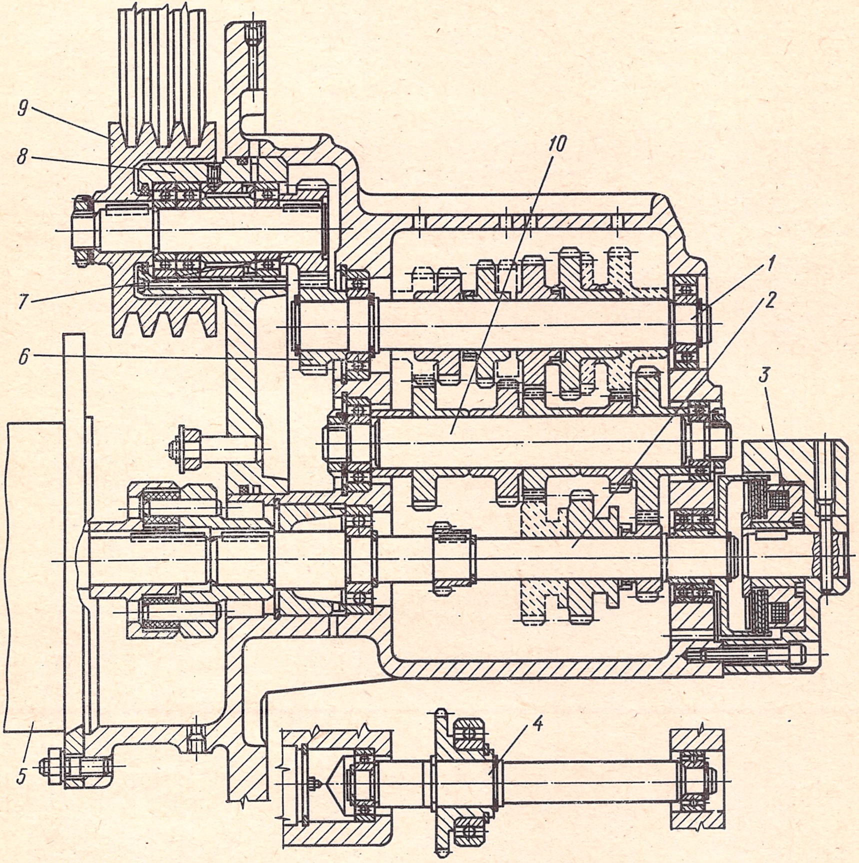


Рис. 22. Развертка коробки скоростей станка 6Р11Ф3

шпиндель передается через коническую зубчатую пару *5—6*, цилиндрические зубчатые колеса *7—9* на промежуточный вал *13* и от него через зубчатые колеса *9—8* на шпиндель *3*.

Шпиндель смонтирован в ползуне *4* на радиально-упорных и радиальном шарикоподшипниках. Величина перемещения ползуна отсчитывается по линейке с нониусом, цена деления которого 0,025 мм. Отдельно привод шпинделя показан на рис. 24. От коробки скоростей крутящий момент передается тремя клиновыми ремнями. Втулка *1*, несущая шкив *2*, смонтирована на подшипниках качения. Во втулке *1* скользит на шпонке своей ступицей зубчатое

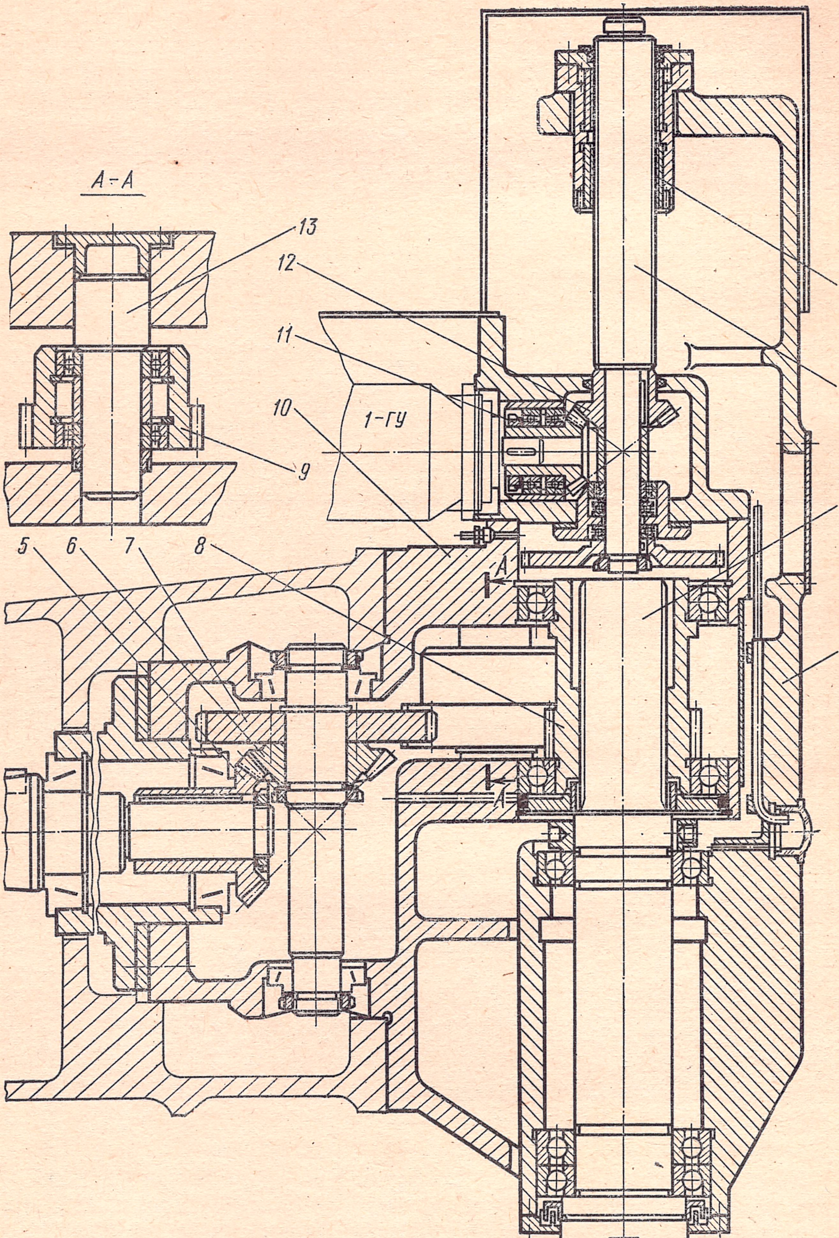

А-А
13
12
11
10
9
1-ГУ
1
2
3
4
5
6
7
8
А
А

Рис. 23. Шпиндельная бабка станка 6Р11Ф3

колесо *7* с кулачками на торце. Зубчатое колесо *7* имеет два рабочих положения: в одном включается перебор из шестерен *7—3* и *4—5*, во втором зубчатое колесо *7* сцепляется своими кулачками с кулачками вала *6*. Таким образом, шпиндель получает два диапазона чисел оборотов: от 80 до 400 и от 400 до 2200 об/мин.

Консоль станка (рис. 25) представляет собой отливку коробчатой формы *3*, разделенную на две полости. В передней полости размещаются редукторы поперечной подачи и подъема (опускания) консоли, а также насос смазки. В задней полости находятся гидроусилитель крутящих моментов с шаговым двигателем поперечной подачи, гидродвигатель подъема (опускания) консоли (он же служит приводом насоса смазки) и механизм подъема консоли.

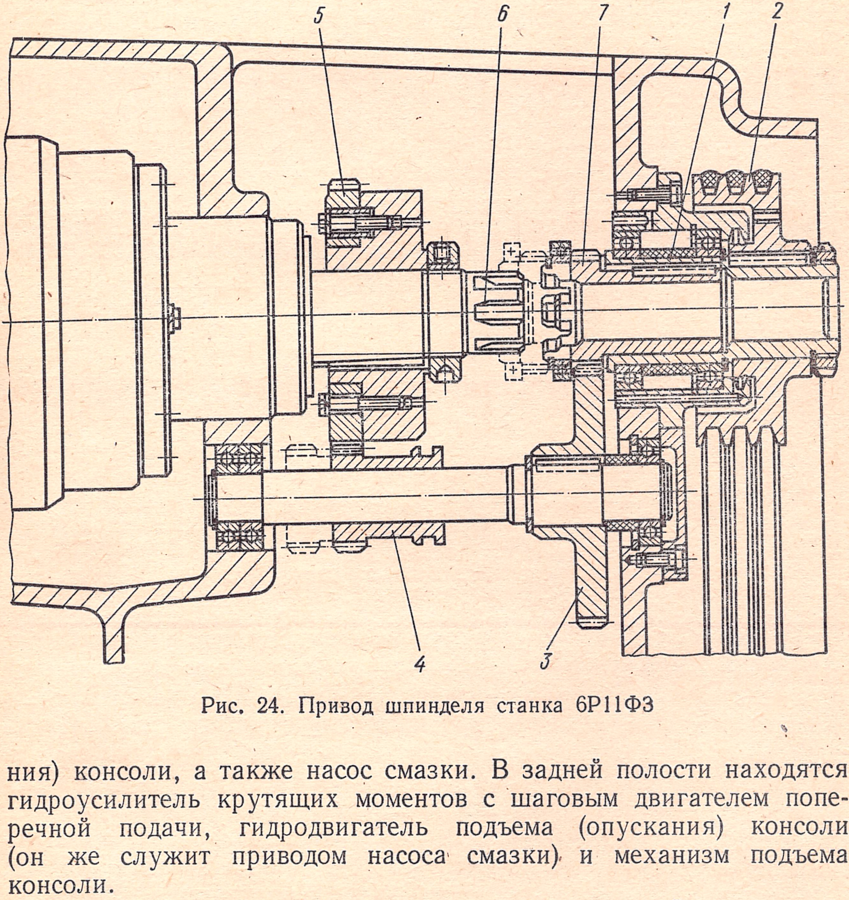


Рис. 24. Привод шпинделя станка 6Р11Ф3

В верхней части консоли имеется ниша, в которой размещается шариковый винт поперечной подачи (координаты *Y*). Эта ниша закрыта подвижными щитками *1*.

Консоль имеет вертикальные и горизонтальные направляющие. По горизонтальным направляющим перемещается салазка со столом, а вертикальные направляющие скользят по направляющим станины. Горизонтальные направляющие консоли и направляющие станины защищены от эмульсии и стружки фартуком *2*.

На передней крышке консоли имеется лимб *12* установочных перемещений консоли, которая может перемещаться вертикально с помощью рукоятки или механически с помощью гидромотора.

На правой стороне консоли расположена рукоятка переключения *10*, которая имеет два положения: а) включена цепь механического подъема консоли; б) включен насос смазки.

На этой же стороне консоли имеются два маслоуказателя для контроля работы насоса смазки *11* и контроля уровня масла в резервуаре *9* консоли и два окна, закрытые крышками. На одной из крышек крепится с внутренней стороны маслораспределитель. Здесь же находится гайка зажима салазок *8*.

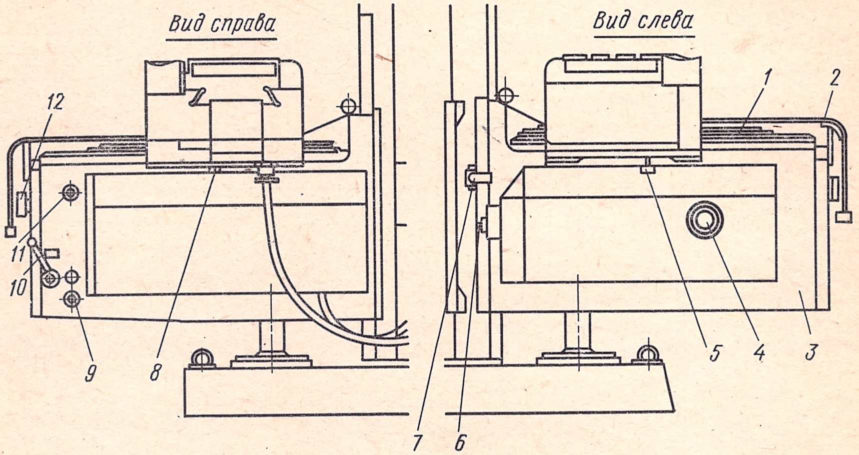


Рис. 25. Общий вид консоли станка 6Р11Ф3

На левой стороне консоли закреплены гидропанели, регулятор скорости гидромотора *4* (дроссель), два конечных выключателя: ограничитель подъема — опускания консоли *6* и ограничитель поперечного хода стола *5*, а также гидрозолотник реверса консоли. При тяжелых режимах работы консоль зажимается двумя ручками *7*, расположенными в задней части.

Величина перемещения стола по координате *Y* отсчитывается по линейке, укрепленной на левой стороне консоли, нониус закреплен на нижней части салазки, цена деления нониуса 0,025 мм. Левая и правая сторона консоли закрыта кожухами.

В кронштейне размещается шариковая гайка поперечного хода (координата *Y*), с помощью которой происходит поперечное перемещение стола.

Механизм подъема консоли приведен на рис. 26. От гидромотора *1* через цилиндрические зубчатые колеса *2—3—4* движение передается на вал *5*, а от него через конические зубчатые колеса *9—10* и цилиндрические зубчатые колеса *11—12* — на винт подъема и опускания консоли *14*. Для ручной установки консоли на конце

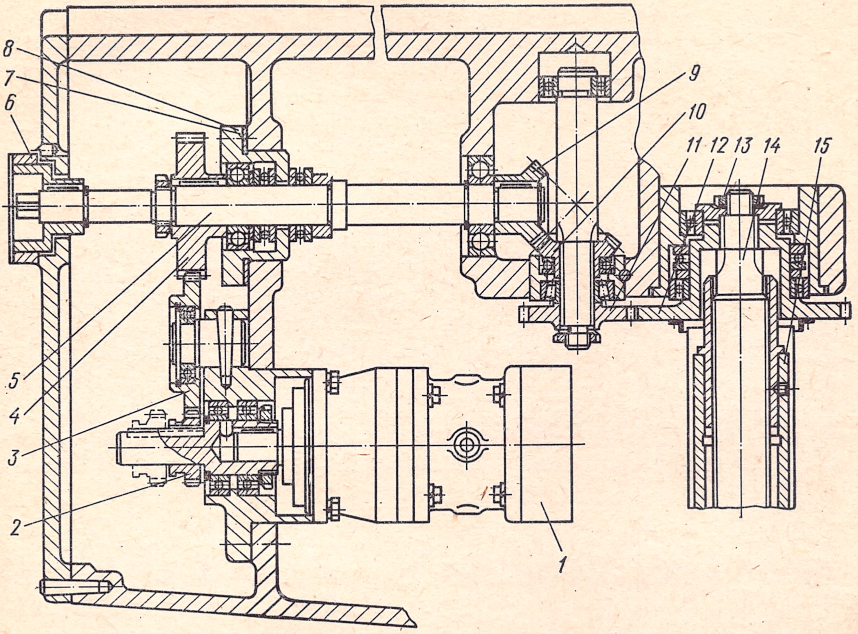

8
7
6
5
4
3
2
1
9
10
11
12
13
14
15

Рис. 26. Механизм подъема консоли станка 6Р11Ф3

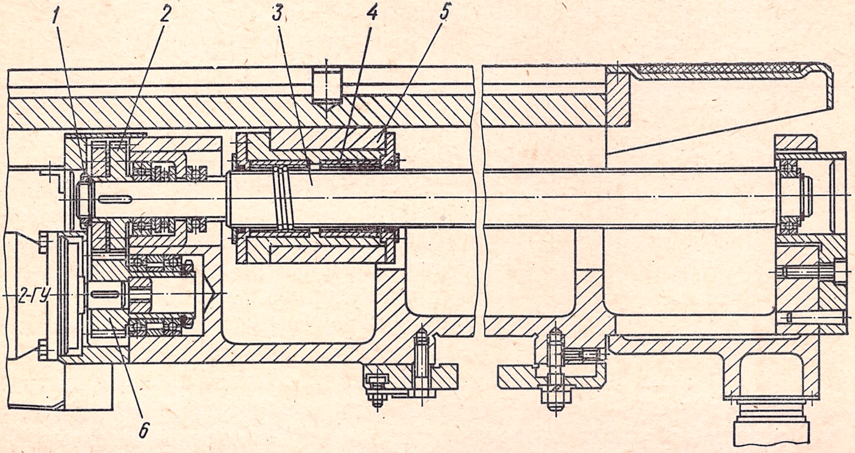


Рис. 27. Привод стола

вала *5* имеется квадрат, величина перемещения консоли отсчитывается по лимбу *6*. Гайка *15* винта консоли выполнена нерегулируемой и при появлении люфта вследствие износа должна быть заменена.

Регулировка подшипников винта консоли *14* производится при помощи гайки *13*. Регулировка зазора в конической зубчатой передаче *9—10* производится за счет подшлифовки полуколец *7* стакана *8*.

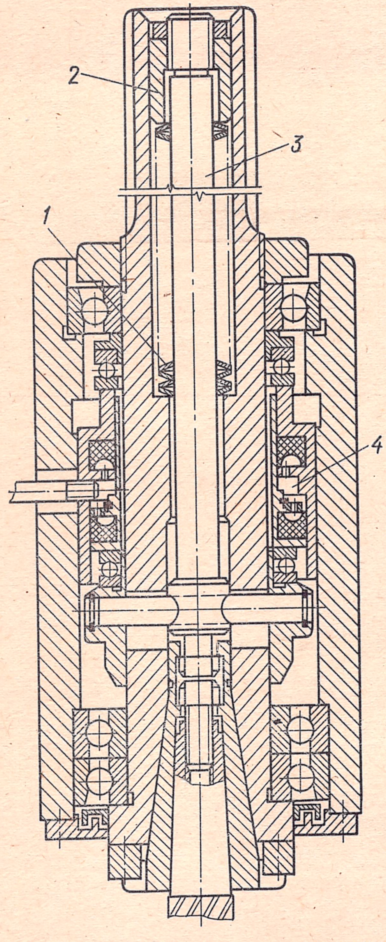


Рис. 28. Шпиндель станка 6Р11Ф3 с механизмом зажима

Стол и салазки показаны на рис. 27. К левому торцу корпуса салазок крепится гидроусилитель *2-ГУ* и через зубчатые колеса *6—2* передает вращение на шариковый винт *3* продольного хода стола (координата *X*). Шариковая гайка *4* продольного хода размещается в кронштейне *5*, который укреплен на нижней части стола. Зацепление шестерен *6—2* беззазорное, регулировка подшипников ходового винта производится гайкой *1*. Отсчет перемещений по координате *X* производится по линейке, закрепленной на столе, и нониусу, закрепленному на салазке. Цена деления нониуса 0,025 мм. Аналогично выполнен механизм поперечной подачи (координата *Y*).

В станке применен механизированный зажим инструмента. Шпиндель станка с механизмом зажима приведен на рис. 28.

Зажим инструмента в шпинделе осуществляется пакетом тарельчатых пружин *1* через гайку *2* и шомпол *3*. С другого конца шомпол *3* имеет замок для оправок. Заведя замок шомпола в паз оправки, поворачивают ее на 90° и ставят переключатель на пульте станка в положение «*Зажато*».

При этом перестает поступать масло в гидравлический цилиндр *4*, пружины расходятся, затягивая оправку в шпиндель.

Гидравлическая схема станка приведена на рис. 29.

Работа гидропривода предусматривает осуществление как основных движений подачи от шаговых двигателей ШД-4 через гидравлические усилители крутящих моментов 2Г81-23, так и вспомогательных операций, выполнение которых необходимо при работе и наладке станка.

С помощью гидравлики осуществляются вспомогательные операции:

а) отжим инструмента происходит при включенном золотнике *1* (54ВПГ-73-11), расположенном на шпиндельной бабке станка, гидроцилиндром *2*, размещенным в ползуне;

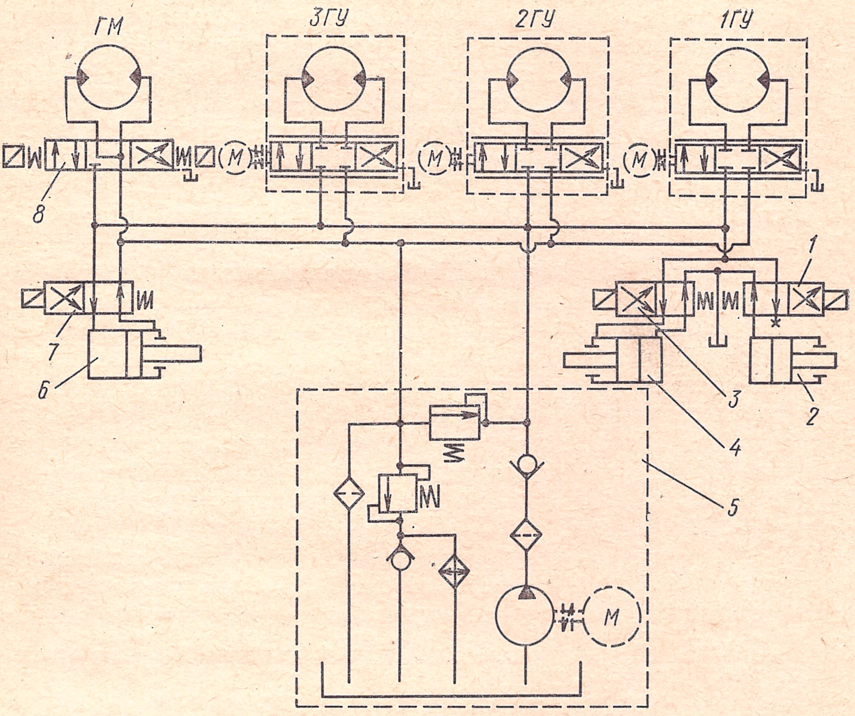


Рис. 29. Гидравлическая схема станка 6Р11Ф3

б) зажим ползуна шпиндельной бабки производится только по технологической команде, записанной на программоносителе, включением золотника *3* (54ВПГ-73-11). Этот золотник управляет двумя гидроцилиндрами *4*, расположенными в шпиндельной бабке. Сам золотник находится на шпиндельной бабке станка;

в) зажим консоли производится двумя Г-образными рычагами с помощью гидроцилиндров *6*, расположенных в консоли. Гидроцилиндрами *6* управляет электрозолотник *7* (54ВПГ-73-11). В свою очередь золотник включается переключателем с пульта управления станка. При отсутствии перемещения консоли электромагнит золотника *7* обесточен и при таком положении золотника консоль зажата;

г) наладочное перемещение консоли происходит при включении переключателя на пульте станка. При этом включаются одновременно золотник *7* (происходит отжим консоли) и золотник *8* (34ШГ-73-11), управляющий гидромотором. Питание гидросистемы осуществляется от насосной установки *5* (18Г48-22Н), установленной сбоку отдельно от станка.

Для смазки станка применяют масло «Турбинное 22» (ГОСТ 32—53).

Масло к коробкам скоростей, приводам и направляющим шпиндельного ползуна поступает из резервуара станины с помощью плунжерного насоса, который получает вращение от вала коробки скоростей и нагнетает масло в распределители коробки скоростей и головки. От распределителей масло подается к местам смазки и контрольным глазкам. Смазка направляющих шпиндельного ползуна производится кратковременным включением рукояткой плунжера во время работы насоса.

Опора шпинделя и шариковая гайка смазываются консистентной смазкой.

Для смазки механизмов подачи и направляющих консолей, салазок и стола применяют масло «Турбинное 22», которое подается из резервуара консоли лопастным насосом С12-52, находящимся под передней крышкой консоли. Насос, включенный рукояткой, нагнетает масло в распределители консоли и стола. Приводом насоса служит гидромотор Г15-23. От распределителей масло по медным трубкам поступает к местам смазки. Шестерни и подшипники стола, а также шариковые гайки смазываются консистентной смазкой.

Смазывать шариковые гайки необходимо не реже двух раз в год смазкой ЦИАТИМ-205 (ГОСТ 8551—57).

Масло в контрольных глазках должно появляться сразу после пуска станка и насоса смазки консоли. Если масло в глазки не поступает, работа на станке недопустима. В этом случае необходимо осмотреть насосы и установить причину, мешающую нормальному поступлению масла.

Смазку направляющих консоли и направляющих ползуна производить не менее 2—4 раз в смену.

Пульт управления станком (рис. 30) расположен спереди на салазках, на нем находятся кнопки и переключатели, служащие для управления станком при наладке и для пуска его в работу.

Так, кнопка *1* служит для включения вращения шпинделя, а кнопка *2* — для его выключения. Кнопка *3* необходима для включения гидравлики, а следовательно, и станка в работу. Кнопка *4* выполнена в виде выступающего грибка и служит для общей остановки станка (*«Общий стоп»*). Этой кнопкой следует пользоваться при возникновении аварийной ситуации работы станка. Электрические лампочки на пульте управления позволяют контролировать работу шпинделя и гидравлики. Переключатель *5* служит для зажима и разжима инструмента, причем зажим инструмента контролируется сигнальной лампочкой на пульте.

Переключатели *6*, *7*, *8* служат для сообщения движения столу при наладке станка: переключатель *6* — стол вверх — вниз; переключатель *7* — стол вперед—назад (координата Y); переключатель *8* — стол вправо—влево (координата X); переключатель *9* служит для подъема или опускания шпинделя станка (координата Z); переключатель *10* — для перемещения стола на рабочей (левое положение) или ускоренной подаче (правое положение).

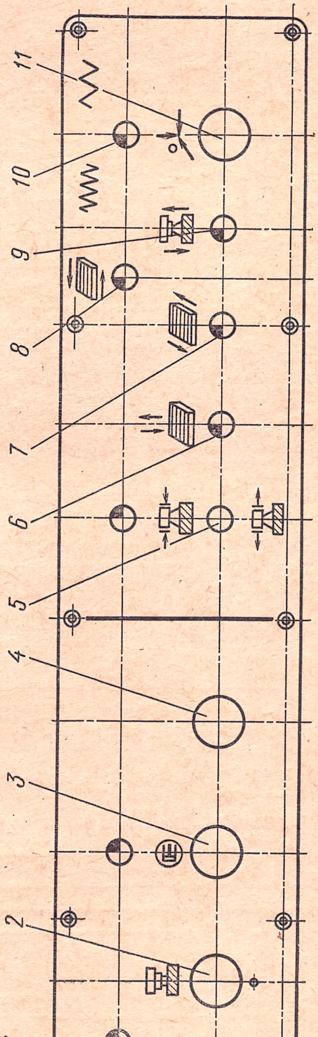


Рис. 30. Пульт управления станком

Кнопка *11* служит для возврата стола и шпинделя в исходное положение.

Электропривод станка включает в себя электродвигатели: привода шпинделя мощностью 5,5 кВт, привода гидростанции мощностью 3 кВт, насоса охлаждения мощностью 0,125 кВт и аппаратуру управления.

Двигатели питаются от трехфазного переменного тока напряжением 380 В и 50 Гц. Цепи управления питаются от понижающего трансформатора ТУ напряжением 127 В. Цепи освещения и сигнализации питаются от того же трансформатора напряжением 36 В. Питание шаговых двигателей ШД-4 осуществляется напряжением 25 В от источника постоянного тока, встроенного в пульт управления. Электросхема станка, приведенная на рис. 31, предусматривает работу в двух режимах:

а) автоматическом — от программоносителя,

б) ручном — от органов управления, расположенных на панели пульта «Контур 3П-68» или на пульте управления станка. Смена режимов работы производится переключателем режима работы «*Автомат—ручная*», расположенным на лицевой панели пульта. Для наладочных работ и подготовки станка для работы в автоматическом режиме применяется ручной режим. К электросети станок подключают вводным автоматом *В1*, о чем сигнализирует лампа *Л5*.

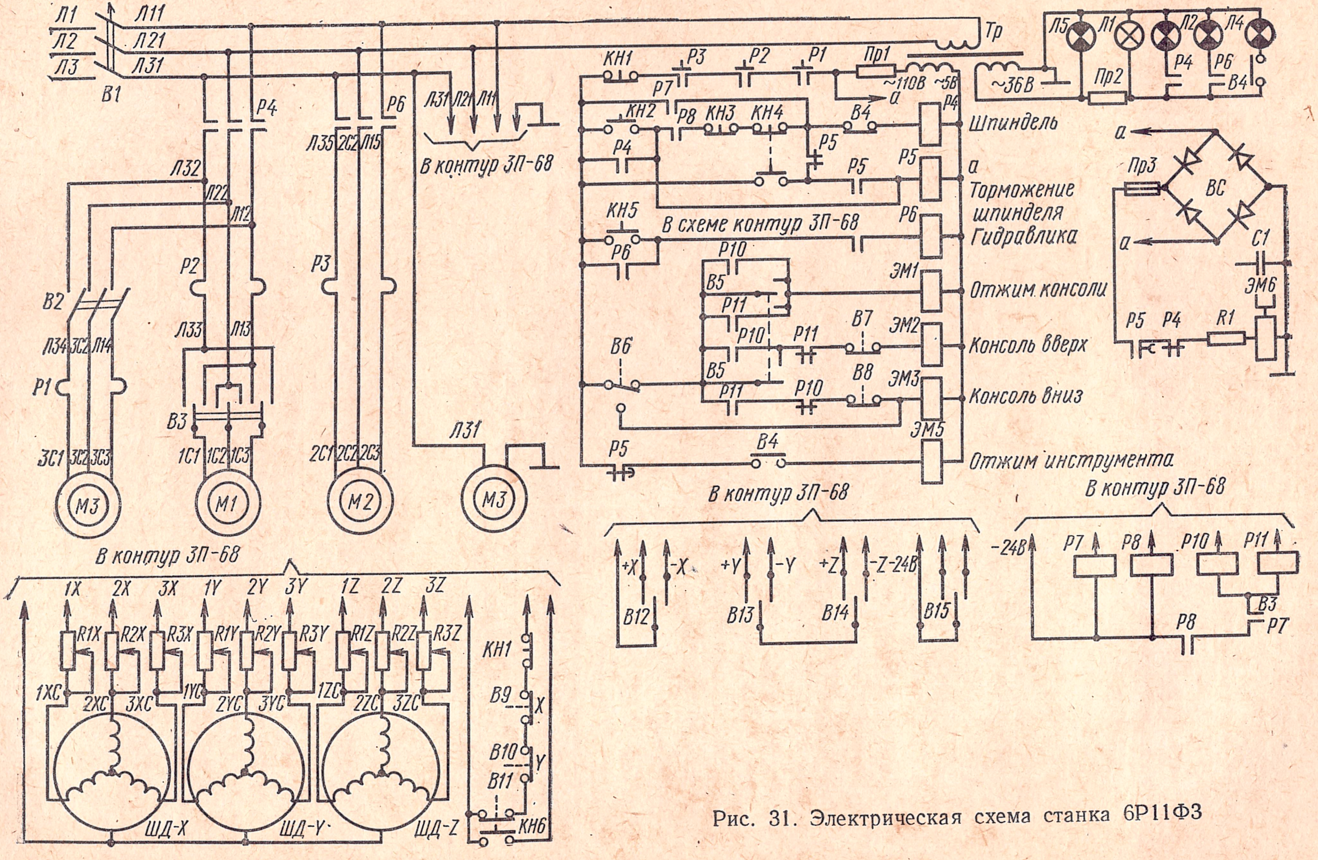

Л1
Л2
Л3
В1
Л11
Л21
Л31
Р4
Р6
Л31 Л21 Л11
В контур ЗП-68
Л32
Л22
Л12
Л35 2С2 Л15
Р2
Р3
В2
Л34 3С2 Л14
Л33
Л13
Р1
В3
3С1 3С2 3С3
1С1 1С2 1С3
2С1 2С2 2С3
Л31
М3
М1
М2
М3
Тр
КН1
Р3
Р2
Р1
Пр1
~110В
~5В
а
Р7
КН2
Р8
КН3
КН4
В4
Р4
Р5
Р5
Р5
Шпиндель
а
Торможение шпинделя
Гидравлика
КН5
В схеме контур ЗП-68
Р6
Р6
Р10
В5
Р11
ЭМ1
Отжим консоли
Р10
Р11
В7
ЭМ2
Консоль вверх
В6
В5
Р11
Р10
В8
ЭМ3
Консоль вниз
ЭМ5
Р5
В4
Отжим инструмента
~36В
Л5
Л1
Л2
Л4
Пр2
Р4
Р6
В4
а
Пр3
ВС
а
С1
ЭМ6
Р5
Р4
R1
В контур ЗП-68
+X
-X
+Y
-Y
+Z
-Z-24В
В12
В13
В14
В15
В контур ЗП-68
-24В
Р7
Р8
Р10
Р11
В3
Р8
Р7
В контур ЗП-68
1X
2X
3X
1Y
2Y
3Y
1Z
2Z
3Z
R1X
R2X
R3X
R1Y
R2Y
R3Y
R1Z
R2Z
R3Z
1XC
2XC
3XC
1YC
2YC
3YC
1ZC
2ZC
3ZC
ШД-X
ШД-Y
ШД-Z
КН1
В9
X
В10
Y
В11
КН6

Рис. 31. Электрическая схема станка 6Р11Ф3

При работе в ручном режиме переключатель режима на пульте «Контур 3П-68» устанавливают в положение «*Ручная*». Порядок работы в ручном режиме описан в инструкции по эксплуатации пульта «Контур 3П-68». Дублирование перемещений по координатам производится переключателями *B12*, *B13*, *B14*, расположенными на пульте станка. Изменение скорости холостых ходов производится переключателем *B15* (подача быстро—медленно). Перемещения по координатам ограничивают конечными выключателями *B9*, *B10*, *B11*. Для освобождения конечников от кулачков необходимо на ручном режиме, нажав кнопку *Кн6*, переключателями *B12*, *B13* и *B14* включить перемещение в соответствующую сторону до схода с кулачка.

В автоматическом режиме станок работает по программе, записанной на перфоленте. Выполнив все указания по подготовке пульта «Контур 3П-68» к работе, изложенные в инструкции по эксплуатации пульта, необходимо включить питание пульта выключателем *B1* «*Сеть*», кнопками управления *Кн2* «*Шпиндель*» и *Кн5* «*Гидравлика*», расположенными на пульте управления станка, включить электродвигатели шпинделя и насосной установки. Далее произвести все операции по подготовке пульта к работе в автоматическом режиме.

По окончании обработки по программе нажатием кнопки *Кн3* «*Стоп*» отключить шпиндель станка; отключение всех систем станка осуществляется кнопкой *Кн1* «*Общий стоп*».

При работе на любом режиме необходимо перед включением гидростанции обязательно включить пульт «Контур 3П-68» выключателем *B1* «*Сеть*».

Чтобы обеспечить работу станка, необходимо подключить станок к сети вводным автоматом *B1*. При смене чисел оборотов шпинделя пользуются толчковой кнопкой *Кн4*, отключающей блокировку пускателя шпинделя *P4*. После включения контактов *P4* включается реле *P5*. Торможение шпинделя осуществляется электромагнитной фрикционной муфтой *ЭМ6* (типа ЭТМ-086), включающейся в момент отключения пускателя *P4*. По истечении времени задержки реле *P5* (4—5с) контакты *P5* размыкают цепь питания муфты торможения *ЭМ6*. Подъем и опускание консоли производится с помощью гидромотора, управляемого электрозолотниками *ЭМ2* и *ЭМ3*, переключение золотников производится переключателем *B5* «*Консоль*».

Ручка смазки, расположенная на правой части консоли, включает микропереключатель *B6* одновременно с разрывом кинематической цепи опускания (подъема) консоли. Переключатель *B4* включает электромагнит золотника отжима инструмента *ЭМ5* с одновременным разрывом цепи пускателя шпинделя *P4*. При этом загорается сигнальная лампочка *Л4*. Защита электрооборудования станка при коротких замыканиях осуществляется автоматом *B1* и плавкими предохранителями *ПР1—ПР3*. Нулевая защита электродвигателей обеспечивается магнитными пускателями *P4*, *P5*.

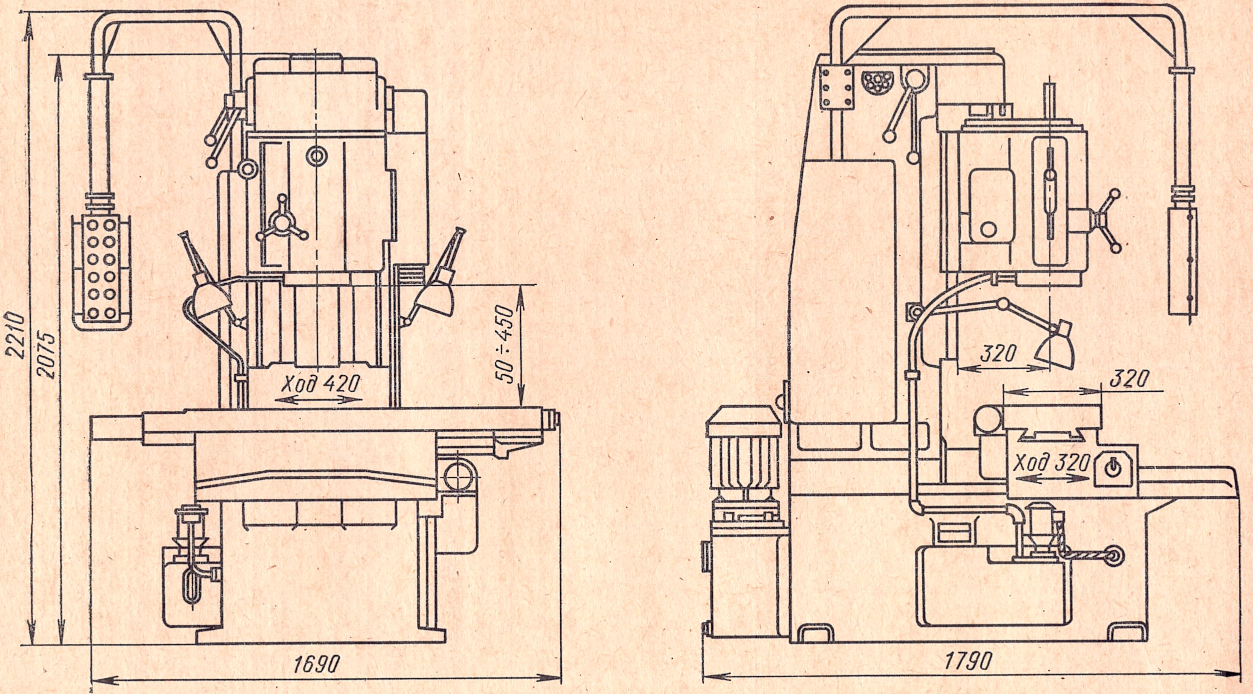

2210
2075
Ход 420
50÷450
1690
320
320
Ход 320
1790

Рис. 32. Общий вид станка 6520Ф3

В станке предусмотрены блокировки:

1. Перемещение по координатам от пульта невозможно:

а) при отключенном шпинделе,

б) при отключенной гидравлике.

2. Включение шпинделя возможно только при зажатом инструменте.

3. Отжим инструмента возможен только при замкнутых контактах *Р5* после торможения шпинделя.

4. Перемещение консоли невозможно при включенном положении рукоятки «*Смазка*».

§ 6. ВЕРТИКАЛЬНО-ФРЕЗЕРНЫЙ СТАНОК С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ 6520Ф3

В отличие от рассмотренного станка консольного типа, в котором стол имеет установочное или управляемое перемещение в вертикальном направлении, станок модели 6520Ф3 выполнен в бесконсольной компоновке с крестовым столом (рис. 32), т. е. стол имеет только перемещение по координатам *X* и *Y*, а перемещение по координате *Z*, как рабочее, так и установочное, совершает фрезерная головка.

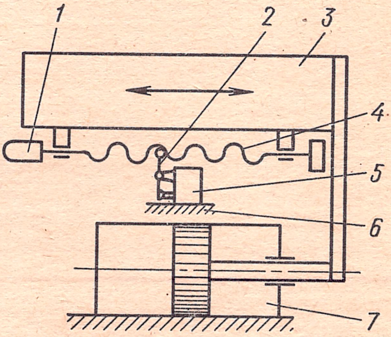


Рис. 33. Схема гидравлического привода подачи по одной координате

Для перемещения стола, салазок и фрезерной головки в станке применен гидравлический привод, схема которого приведена на рис. 33.

В качестве силового механизма применен гидроцилиндр *7*, с подвижным органом *3* жестко связан задающий винт *4*, приводимый во вращение от шагового двигателя *1*.

В резьбу задающего винта входит без зазора наконечник копировального прибора *5*, закрепленного на неподвижной части станка *6*. Копировальный прибор *5* включает в себя золотник управления гидроцилиндром. При поступлении командных импульсов от системы программного управления шаговый двигатель *1* начинает вращать задающий винт. При этом рычаг *2* копировального прибора отклоняется от своего среднего положения и смещает золотник. Смещение золотника вызывает перемещение гидроцилиндра, а следовательно, и подвижного органа станка. Перемещение будет происходить до тех пор, пока золотник не займет снова своего среднего положения.

Для управления станком использована система программного управления «Контур 3П-68».

Техническая характеристика станка

Размер рабочей площади стола, мм:	
длина	800
ширина	320
Наибольшее перемещение стола, мм:	
продольное	420
поперечное	320
Наибольшее вертикальное перемещение фрезерной бабки, мм	300
Наибольшее вертикальное перемещение пиноли, мм	100
Расстояние от торца шпинделя до поверхности стола при вдвинутой пиноли, мм:	
наименьшее	150
наибольшее	450
Перемещение стола и фрезерной бабки за один импульс, мм	0,01
Число оборотов шпинделя, мин	80—1945
Число ступеней скоростей шпинделя	18
Мощность электродвигателя главного движения, кВт	3
Диапазон подач по координатам *X*, *Y* и *Z*, мм/мин	от 0 до 600
Наибольшее усилие, допускаемое механизмами подач по координатам *X*, *Y*, *Z* соответственно, кГ	850, 850 и 450
Габаритные размеры станка, мм:	
длина	1710
ширина	1690
высота	2210
Масса станка, кг	3000

Основание станка представляет собой массивную отливку коробчатой формы, на которой сверху размещены направляющие для крестового стола и опорная площадка для крепления стойки. Внутренняя полость основания используется как резервуар для охлаждающей жидкости.

Стойка — жесткая отливка, на передней стороне которой имеются направляющие для вертикального перемещения шпиндельной бабки, внутри стойки размещен противовес для уравновешивания шпиндельной бабки. На верхней части стойки смонтирована коробка скоростей.

В шпиндельной бабке размещен редуктор для передачи крутящего момента от коробки скоростей шпинделя, а также пиноль со шпинделем. Крестовый стол выполнен в виде двух отливок, одна из которых, верхняя, является собственно столом, на зеркале которой закрепляются заготовки для приспособления, а нижняя — салазками, которые перемещаются в поперечном направлении. В салазках смонтирован цилиндр продольного перемещения стола. Цилиндр поперечного перемещения салазок находится в станине станка.

Кинематическая схема станка показана на рис. 34. Привод главного движения осуществляется от асинхронного электродвигателя *7*.

На валу *I* коробки скоростей смонтировано широкое зубчатое колесо *6*, которое зацепляется с зубчатым колесом *5* блока, состоящего из трех зубчатых колес вала *II*. Ширина колеса *6* такова, что зацепление с колесом *5* сохраняется при любых положениях передвижного блока. В среднем положении блока он зацепляется также с колесом *9* вала *III*. При перемещении блока вверх он зацепляется с колесом *4*, а при смещении его вниз — с колесом *8*. Переключение блока на валу *II* дает три ступени скорости. С вала *III* передача вращения идет через гитару сменных колес *2—3* и затем через блок *10* из двух зубчатых колес на вал *V*. При переходе с вала *IV* на вал *V* возможны зацепления блока *10* с зубчатыми колесами *1* и *13*. Переключение блока на валу *V* и смена зубчатых колес в гитаре дает еще девять скоростей, так что общее число ступеней регулирования равно 18. С вала *V* через зубчатое колесо *11*, промежуточное зубчатое колесо *12* и зубчатое колесо *14* движение передается на шпиндель *VI*. Кинематическая схема следящего привода станка приведена ранее (см. рис. 33). Рассмотрим основные узлы станка.

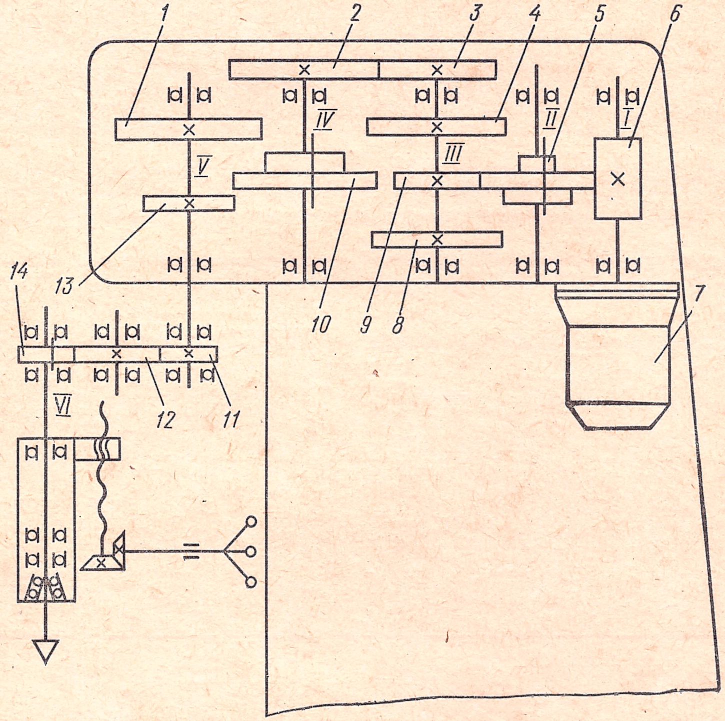


Рис. 34. Кинематическая схема станка 6520Ф3

Коробка скоростей (рис. 35) выполнена в виде отдельного узла, смонтированного наверху стойки. Для привода коробки применяется асинхронный электродвигатель *8* фланцевого исполнения, который соединен с корпусом коробки *9* промежуточным стаканом *7*. Вал электродвигателя связан с входным валом коробки скоростей упругой муфтой *6*. Такое соединение улучшает динамические качества привода и снижает уровень шума станка, вызываемого неточностью центрирования вала электродвигателя с входным валом коробки скоростей.

Числа оборотов шпинделя меняются переключением блоков зубчатых колес *2* и *3*, смонтированных на шлицевых валах, и гитары сменных колес *1*.

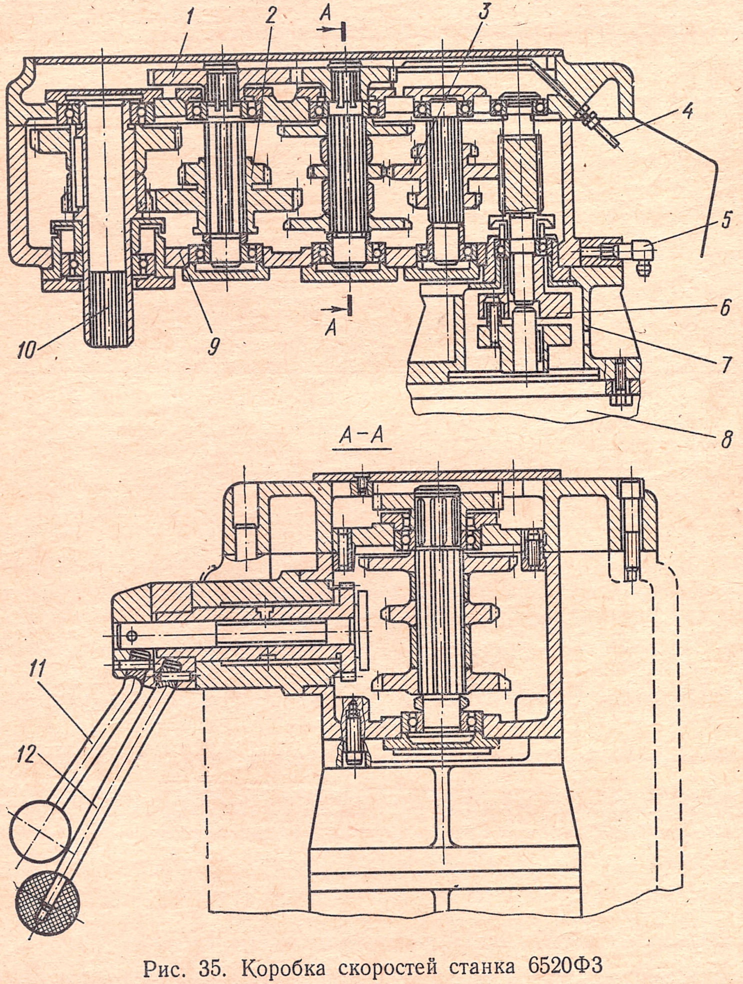


Рис. 35. Коробка скоростей станка 6520Ф3

Выходной вал *10* коробки скоростей связан с входным валом шпиндельной бабки с помощью подвижного шлицевого соединения.

Подвижные блоки управляются с помощью двух рукояток *11* и *12*, вынесенных на боковую сторону коробки скоростей. Для установки заданной скорости вращения шпинделя необходимо в соответствии с указаниями таблицы, укрепленной здесь же, установить рычаги в нужное положение, а в гитаре произвести замену зубчатых колес.

Масло для смазки коробки от гидросистемы станка подводится через концевое соединение *4* в коробку, обратно в гидросистему масло отводится через концевое соединение *5*.

Шпиндельная бабка перемещается в вертикальном направлении по направляющим стойки. Направляющие выполнены прямоугольной формы. Перемещение осуществляется от гидроцилиндра. Для того чтобы усилие на перемещение бабки вверх и вниз было примерно постоянным, предусмотрена ее разгрузка с помощью чугунного противовеса.

Шпиндель станка *8* (рис. 36) смонтирован в пиноли *7*, имеющей перемещение в осевом направлении.

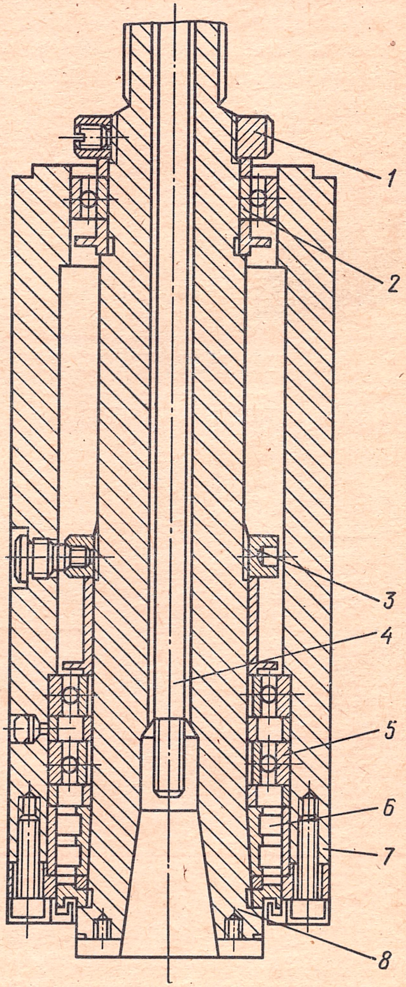


Рис. 36. Шпиндель станка 6520Ф3

Передняя опора шпинделя представляет собой двухрядный с посадкой внутреннего кольца на конус роликовый подшипник *6*, задняя опора — на радиальный подшипник *2*. Для восприятия осевых нагрузок применены радиально-упорные подшипники *5*, которые имеют центрирование только по наружному диаметру, а на шпиндель монтируются с зазором. Это сделано для того, чтобы эти подшипники разгрузить от радиальных нагрузок, а следовательно повысить их долговечность. Передний конец шпинделя для базирования оправок с инструментом имеет конусное отверстие с конусностью $^7/_{24}$. Для передачи крутящего момента от шпинделя к инструменту служат шпонки, которые укрепляются в пазах. Инструмент закрепляют шомполом *4*. Регулируются подшипники гайками *3* и *1*.

Стол (рис. 37) представляет собой отливку *1*, зеркало которой выполняется с высокой точностью по плоскостности.

На зеркале стола имеются три Т-образных паза, один из которых выполняется калиброванным по посадке A_3 и выверяется с высокой точностью относительно перемещения стола. По калиброванному пазу выставляются приспособления и заготовки.

Перемещение стола производится от гидроцилиндра *3* по направляющим салазок *5*, выполненных в форме «ласточкина хвоста». Боковой зазор в направляющих регулирует клин *2*.

Салазки *5* необходимы для того, чтобы перемещать стол в поперечном направлении, для чего у них на нижней стороне имеются направляющие прямоугольной формы. Привод салазок от гидроцилиндра *4*.

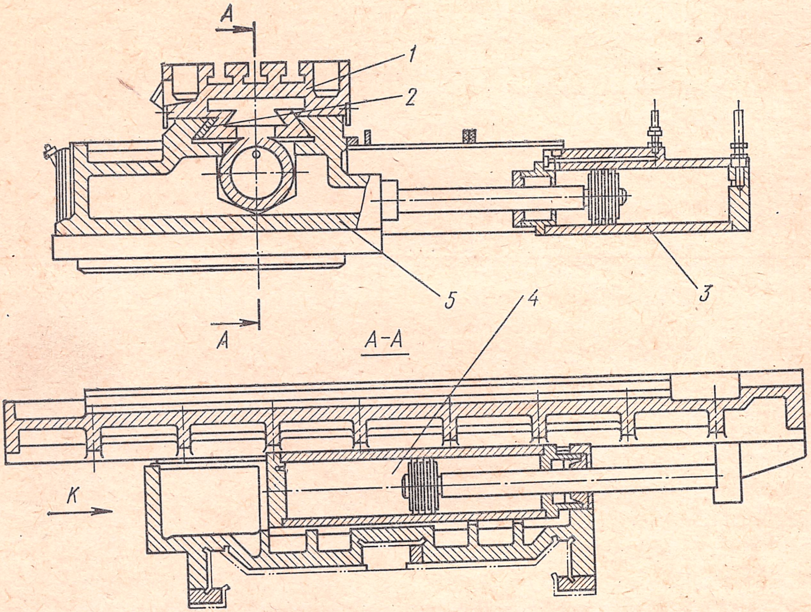


Рис. 37. Крестовый стол

Основными элементами следящего привода станка являются задающий винт и копировальный прибор, изображенные на рис. 38.

Задающий винт *1* представляет собой ходовой винт со специальной упорной резьбой, выполненной по 2-му классу точности. Винт соединяется с шаговым двигателем *3* беззазорной муфтой *2*. На противоположном конце винта укреплен лимб *4* с ценой деления, равной дискретности системы управления.

По лимбам производится контроль за величиной перемещения и возвратом стола в исходную точку по окончании обработки по программе. По лимбам возможно управление перемещением вручную в режиме наладки.

В резьбу винта «без зазора» входит сферическая головка щупа *5* копировального прибора. Щуп укреплен в державке *6*, корпус *7* которой может смещаться в осевом направлении, беззазорно соединяя щуп с ниткой резьбы.

На другом конце державки *6*, качающейся вокруг оси *10*, укреплен регулировочный винт *11*, через который щуп связан с четырехкромочным следящим золотником *12*. Для выбора зазора в цепи копировального прибора и в его соединении с резьбой задающего винта служит пружина *8*, величина натяжения которой контролируется винтом *9*.

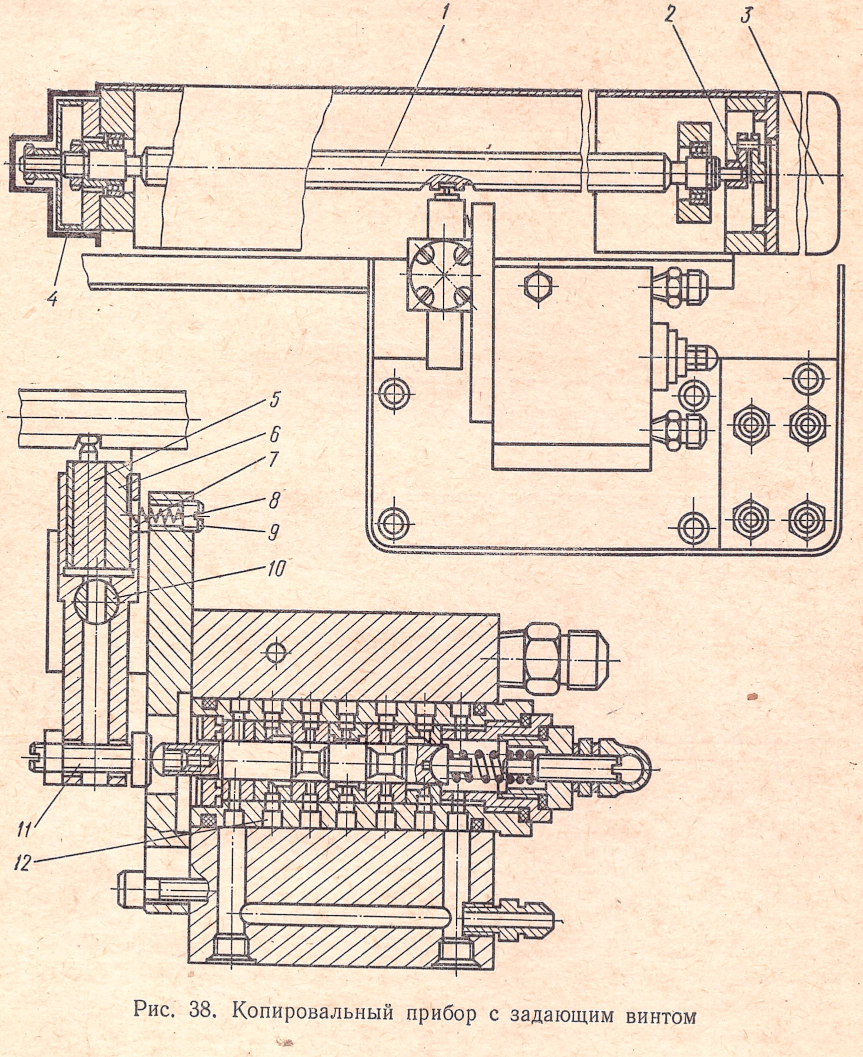


Рис. 38. Копировальный прибор с задающим винтом

Копировальный прибор является датчиком следящей системы. Для регулирования чувствительности прибора на его боковую поверхность выведен регулировочный винт дросселя, установленного параллельно рабочему цилиндру.

В станке имеются три одинаковых привода, обеспечивающих перемещение стола (координата X), салазок (координата Y) и фрезерной бабки (координата Z). Работа привода обеспечивается гидросхемой, приведенной на рис. 39.

Рабочее давление масла в гидросистеме создается лопастным насосом *1*. Давление в системе регулирует предохранительный клапан с переливным золотником *3* и контролируется по манометру *4*. При регулировании манометр подключается к системе краном *2*. В магистралях нагнетания и слива установлены обратные клапаны *6* и *5*, обеспечивающие герметичность системы при выключенном станке.

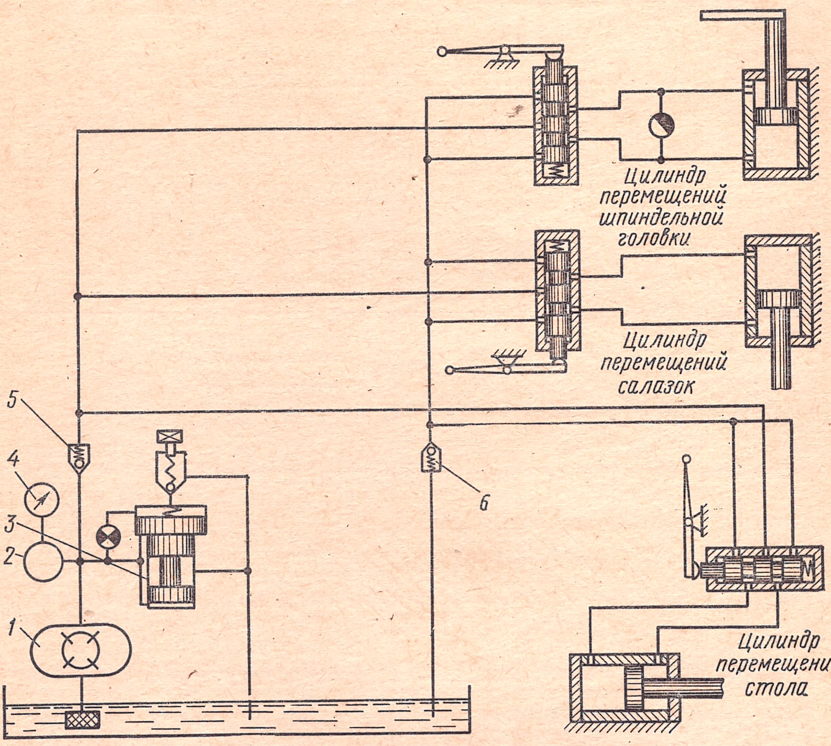

Цилиндр перемещений шпиндельной головки
Цилиндр перемещений салазок
5
4
3
2
1
6
Цилиндр перемещений стола

Рис. 39. Гидравлическая схема станка

Электропривод включает в себя расположенное на станке электрооборудование, которое обеспечивает работу станка как от пульта программного управления «Контур-3П», так и в режиме наладки. Электросхема станка, приведенная на рис. 40, обеспечивает работу двигателя гидравлики, главного движения, включение и выключение которых производится кнопками с пульта управления станка.

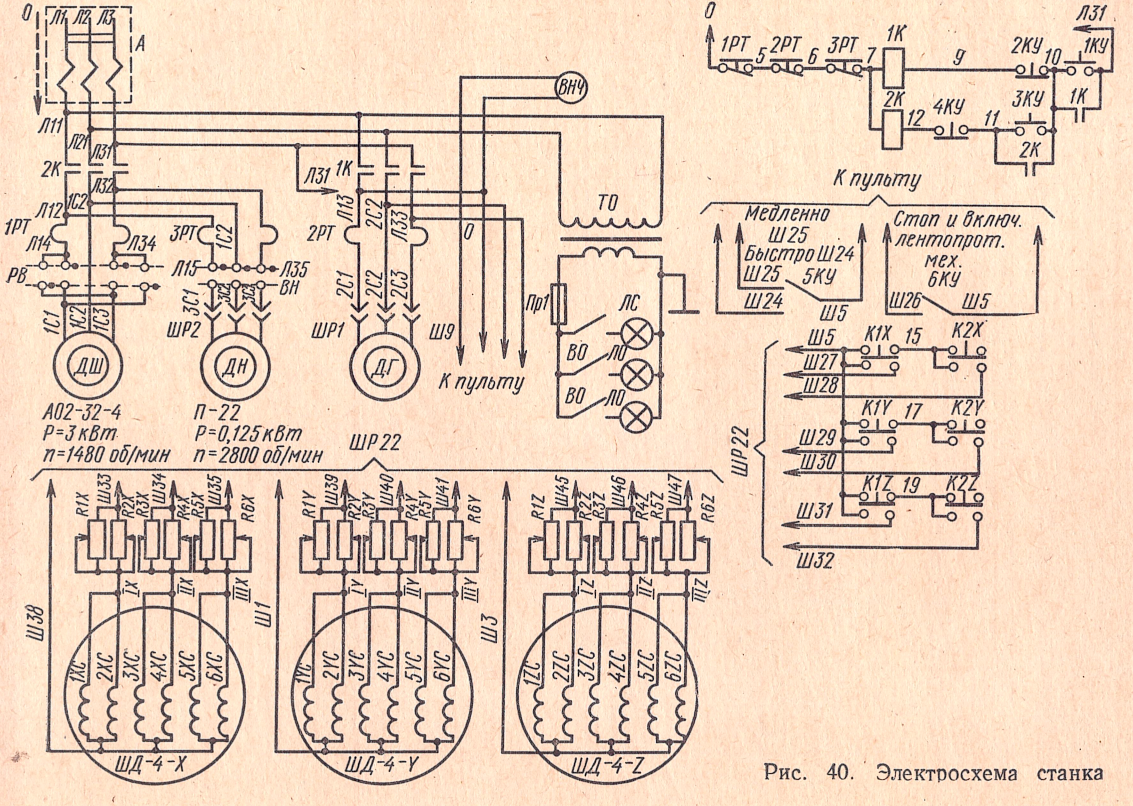

О
Л1
Л2
Л3
А
Л11
Л21
Л31
2К
Л32
1С2
Л12
1РТ
Л14
Л34
РВ
1С1
1С2
1С3
ДШ
АО2-32-4
Р=3 кВт
n=1480 об/мин
3РТ
1С2
Л15
Л35
ВН
3С1
3С2
3С3
ШР2
ДН
П-22
Р=0,125 кВт
n=2800 об/мин
Л31
1К
Л13
2С2
Л33
2РТ
2С1
2С2
2С3
ШР1
ДГ
ВНЧ
О
Ш9
К пульту
ТО
Пр1
ЛС
ВО
ЛО
ВО
ЛО
ШР 22
R1X
Ш33
R2X
R3X
Ш34
R4X
R5X
Ш35
R6X
IX
IIX
IIIX
1XC
2XC
3XC
4XC
5XC
6XC
ШД-4-X
Ш38
R1Y
Ш39
R2Y
R3Y
Ш40
R4Y
R5Y
Ш41
R6Y
IY
IIY
IIIY
1YC
2YC
3YC
4YC
5YC
6YC
ШД-4-Y
Ш1
R1Z
Ш45
R2Z
R3Z
Ш46
R4Z
R5Z
Ш47
R6Z
IZ
IIZ
IIIZ
1ZC
2ZC
3ZC
4ZC
5ZC
6ZC
ШД-4-Z
Ш3
О
1РТ
5
2РТ
6
3РТ
7
1К
9
2КУ
10
1КУ
Л31
2К
12
4КУ
11
3КУ
1К
2К
К пульту
Медленно
Ш25
Быстро Ш24
Ш25
5КУ
Ш24
Ш5
Стоп и включ.
лентопрот.
мех.
6КУ
Ш26
Ш5
Ш5
К1X
15
К2X
Ш27
Ш28
К1Y
17
К2Y
Ш29
Ш30
К1Z
19
К2Z
Ш31
Ш32
ШР22

Рис. 40. Электросхема станка

Перед пуском станка необходимо проверить наличие контакта щупов копировальных приборов и задающих винтов в устройствах для перемещений по координатам X, Y, Z.

Если контакта нет, необходимо перемещением корпуса щупа копировального прибора ввести щуп в контакт с резьбой задающего винта и после этого закрепить корпус щупа.

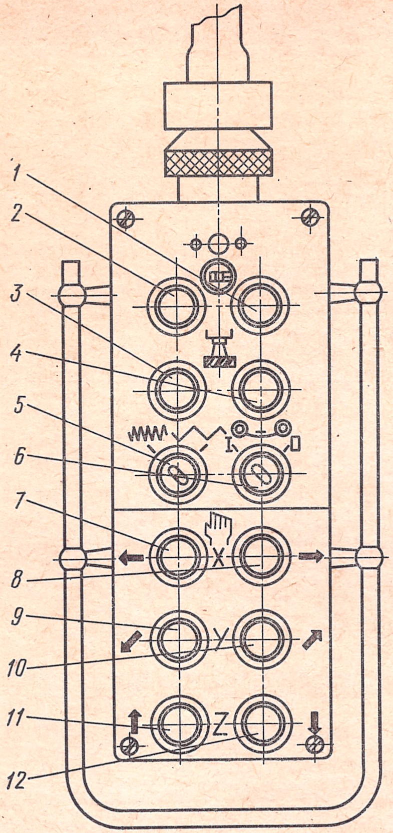


Рис. 41. Пульт управления станком

Убедившись по сигнальной лампочке пульта в том, что станок подключен к электросети, включают гидравлику кнопкой «*Гидравлика — пуск*».

Проверяется по манометру необходимая величина рабочего давления в системе (35 кГ/см²).

Переключателем на пульте программного управления включают станок в режим ручного управления.

Ручное управление станком возможно только тогда, когда переключатель режимов на пульте программного управления стоит в положении «*Наладка*».

Для работы в автоматическом цикле переключатель режимов следует поставить в положение «*Работа*» и только после этого нажатием кнопки «*Пуск лентопротяжки*» включить станок для автоматической работы.

Управление лентопротяжкой сдублировано на пульте управления станком.

Станок имеет подвесной пульт управления (рис. 41). На пульт выведены все элементы, необходимые как для пуска станка в работу в автоматическом режиме, так и для наладочных перемещений. Так, кнопка пуска гидравлики *2* обеспечивает общий пуск станка, останов гидравлики *1* — общую остановку станка. Реверс двигателя главного движения осуществляется переключателем *РВ* (см. рис. 40).

Электродвигатель системы охлаждения включается пакетным выключателем *ВН*. Включение насоса возможно только при работающем шпинделе.

Двигатели и цепи управления от токов короткого замыкания защищены автоматическим выключателем *А*. Защита двигателей от перегрузки осуществляется тепловыми реле *1РТ*, *2РТ* и *3РТ*, Пульт программного управления защищен предохранителями, установленными в пульте.

Питание пульта осуществляется только при включенном двигателе гидравлики станка.

Наладка станка и режимы работы

Описание конструкции и управления пультом программного управления приведено в руководстве, поставляемом совместно с пультом. Обороты шпинделя выбирают по технологическим соображениям и устанавливают с помощью рукояток, расположенных с левой стороны станины. Величину подачи определяют при записи программы. Управление перемещениями исполнительных органов производится автоматически в процессе обработки.

Станок работает в двух режимах:

1. Наладочный режим с ручным управлением.
2. Режим с программным управлением.

Выбор режима осуществляется переключателем на пульте программного управления (см. рис. 41).

При подключении станка к электросети необходимо обеспечить вращение ротора электродвигателя гидравлики по часовой стрелке. Пуск и останов шпинделя осуществляются кнопками *3* и *4*. Для включения рабочей или ускоренной подачи служит переключатель *5*. Пуск и останов лентопротяжного механизма пульта программного управления станка производится переключателем *6*.

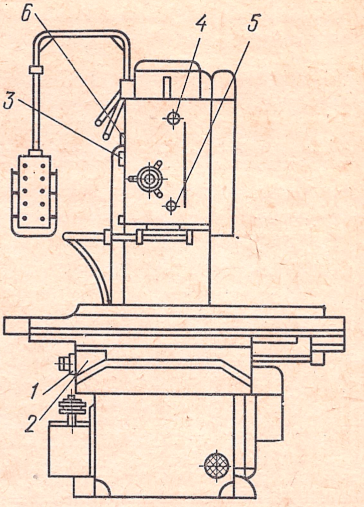


Рис. 42. Схема смазки станка

В нижней части пульта находятся кнопки, служащие для наладочных перемещений стола (кнопки *7* и *8*), салазок (кнопки *9* и *10*) и шпиндельной бабки (кнопки *11* и *12*).

Схема смазки станка приведена на рис. 42. В станке применена раздельная система смазки. Для смазки направляющих стола и салазок служит ручной лубрикатор. Масляную ванну *1* лубрикатора заполняют маслом «Машинное Л» до отметки маслоуказателя *2*. Смазку следует производить один раз в смену, сделав 10—15 оборотов рукояткой лубрикатора.

Для смазки направляющих шпиндельной бабки используют лубрикатор *3*, масло в который заливают до отметки маслоуказателя *4*. Режимы смазки те же.

Шпиндельные подшипники смазывают консистентной смазкой ЦИАТИМ-201, запас которой пополняют один раз в год.

Через масленку *5* осуществляют смазку гильзы шпинделя. Редуктор шпиндельной бабки смазывается разбрызгиванием. Заливку масла производят по маслоуказателю *4*.

Для контроля поступления смазки в коробку скоростей служит маслоуказатель *6*. Если масло в маслоуказатель *6* не поступает, работа на станке недопустима.

Регулировка станка

Диаметральный зазор подшипников шпинделя регулируют подшлифовкой двух полуколец, установленных в нижней части шпинделя, с последующей подтяжкой гайки (см. рис. 36).

При подшлифовке полуколец следует учесть, что для уменьшения диаметрального зазора на 0,01 мм кольца необходимо подшлифовать на 0,12 мм.

Осевой зазор шпинделя не должен превышать 0,01 мм. Осевой зазор регулируют подшлифовкой распорного кольца, установленного между внутренними кольцами радиально-упорных шарикоподшипников, с последующей подтяжкой гайки.

Регулировка предохранительных клапанов с переливными золотниками производится регулировочным винтом, имеющимся в его верхней части. Клапан настраивают на давление 35 кГ/см². Правильность регулировки проверяется по манометру.

Зазоры в направляющих стола и салазок в горизонтальной плоскости и в направляющих шпиндельной бабки в вертикальной плоскости регулируют клиньями с помощью регулировочных винтов (см. рис. 37). Винты стопорят проставками.

Зазоры в направляющих салазки в вертикальной плоскости и направляющих шпиндельной бабки в горизонтальной плоскости регулируют подшлифовкой поджимных планок. Зазоры регулируют по щупу 0,04 мм. Закусывание щупа допускается на глубину не более 20 мм.

Движение стола, салазок и шпиндельной бабки возможно при давлении в гидросистеме 5—6 кГ/см².

§ 7. ГИДРОПРИВОД ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Во всех приведенных фрезерных станках с ЧПУ широко применяют различные гидравлические механизмы, входящие в систему гидропривода.

Для правильной работы гидроприводов станков используются насосы, контрольно-регулирующая и распределительная аппаратура, получившая широкое распространение в промышленности. Рассмотрим наиболее часто встречающиеся элементы гидроприводов станков.

Сдвоенные лопастные насосы (тип Г12-2) предназначены для подачи масла к исполнительным органам. Они состоят из двух насосов (рис. 43), смонтированных на общем приводном валу.

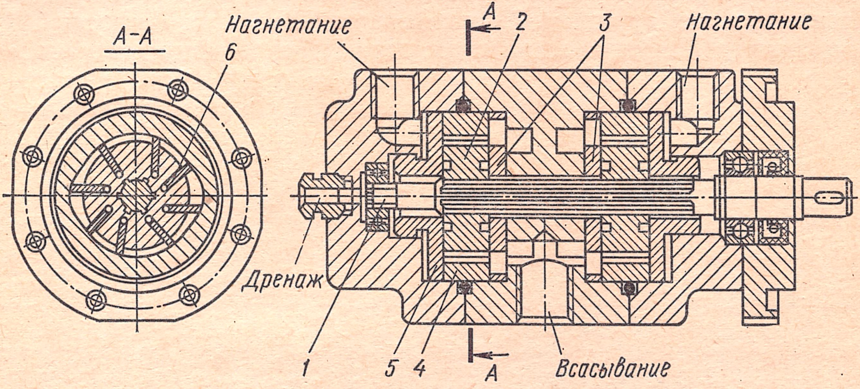


Рис. 43. Сдвоенный лопастной насос

При вращающемся валике *1* всасывание масла из резервуара и нагнетание его в систему происходят благодаря изменению объемов между ротором *2*, статором *4*, лопатками *6*, дисками *3* и *5*.

Обратные клапаны (тип Г51-2), показанные на рис. 44, предназначены для пропуска потока масла только в одном направлении.

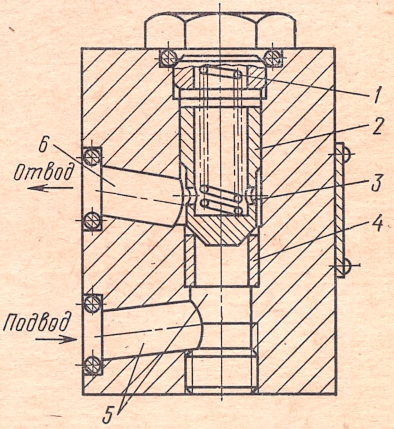


Рис. 44. Обратный клапан

Клапан *2* усилием пружины *1* прижимается своей конической частью к внутренней фаске *3* седла *4*.

Масло под давлением подводится в отверстие *5*, и клапан *2* отходит от седла *4*, сжимая пружину *1* и тем самым открывая проход масла через отверстие *6* в гидросистему.

При изменении направления потока масла в гидросистеме оно плотно прижимает клапан *2* к седлу *4*, закрывая проход маслу в обратном направлении.

Клапаны предохранительные с переливным золотником типа ПГ52-12 (рис. 45) предназначены для предохранения гидросистемы от перегрузки при повышении давления и установления верхнего предела давления для системы.

Масло из линии давления через канал *Б* и демпферное отверстие *В* в золотнике *5* поступает в полость *Ж* и под шариковый клапан *2*, настроенный на определенное давление. Пока давление в системе не превысит усилия, на которое настроена пружина *1*, гидравлически уравновешенный золотник *3* пружиной *4* удерживается в крайнем нижнем положении, перекрывая выход масла на слив. При повышении давления в гидросистеме шариковый клапан *2*, преодолевая усилие пружины *1*, открывается. Масло из полости *Ж* по каналу *Д* поступает на слив, вследствие чего давление в полости *Ж* понижается. Равновесие сил, действующих на золотник *5*, нарушается. Последний под давлением масла в полостях *Г* и *Е* поднимается, соединяя линию давления со сливом. Это приводит к уменьшению давления в гидросистеме. При падении давления в системе ниже настройки пружины *1* шариковый клапан *2* закрывается, не допуская прохода масла на слив. При этом давление в полостях *Г*, *Е* и *Ж* выравнивается и золотник *5* под действием пружины *4* опускается, перекрывая слив масла в бак.

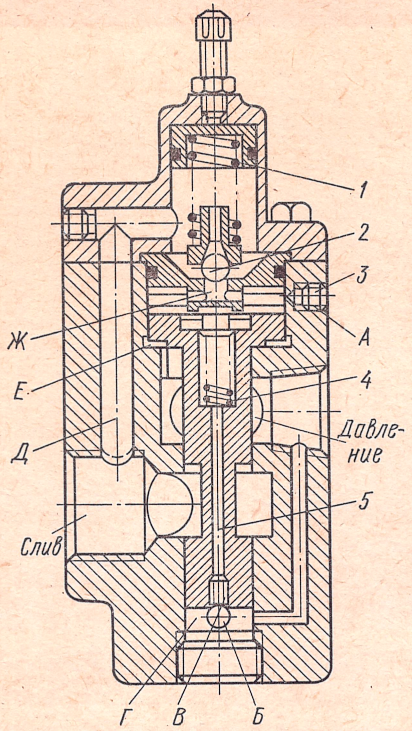


Рис. 45. Клапан предохранительный

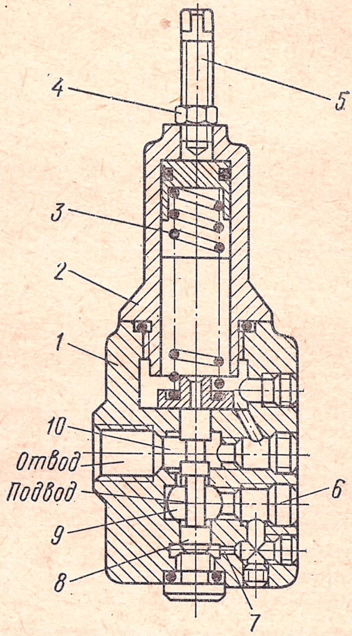


Рис. 46. Напорный золотник

Напорные золотники типа Г54-2 (рис. 46) предназначены для предохранения гидросистем от перегрузки, для поддержания в них постоянного давления и для пропуска масла при достижении давления настройки.

Масло подводится в камеру *9* корпуса *1* и отводится через камеру *10*. Пружина *3* отжимает золотник *8* в нижнее крайнее положение, разъединяя камеру *9*, находящуюся под давлением, с камерой *10*.

Одновременно через отверстия *6* и *7*, которые соединяются с камерой *9*, давление передается под нижний торец золотника *8*. Когда давление в системе возрастает настолько, что преодолевает усилие пружины *3*, золотник *8* перемещается вверх, камеры *9* и *10* соединяются и масло под давлением проходит через напорный клапан.

Давление настройки регулируется поворотом винта *5*, который фиксируется гайкой *4* в крышке *2*.

Редукционные клапаны типа Г57-1 с регулятором (рис. 47) предназначены для понижения в гидросистеме давления, развиваемого насосом, и поддержания его на одном уровне.

Клапаны типа Г57-1 имеют одно присоединительное отверстие для подвода масла, два — для отвода. При монтаже клапанов трубопровод присоединяют к одному из отверстий для отвода масла, другое заглушают пробкой.

Масло из линии давления через полости *И*, *Ж* и канал *А* поступает в полость *Б* по каналу *Г* — в полость *Д* под золотником *3* и через демпферное отверстие *В* в полость *Е* и под шариковый клапан *5*.

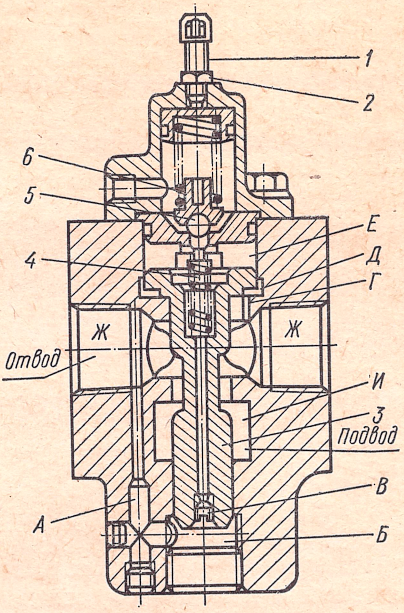


Рис. 47. Редукционный клапан с регулятором

При давлении, ниже которого настроена пружина *6*, золотник *3* удерживается пружиной *4* в крайнем нижнем положении, чем обеспечивается наибольшее проходное сечение.

При повышении давления шариковый клапан преодолевает усилие пружины *6*. При этом давление в полости *Е* понижается, нарушается равновесие золотника, который поднимается и уменьшает проходное сечение из полости *И* в полость *Ж*, что приводит к понижению давления в полости *Ж*.

Если давление в полости *Ж* падает ниже настроенного пружиной *6*, то шариковый клапан *5* закрывает слив масла. Давление в полостях *Б*, *Д* и *Е* выравнивается, а золотник опускается, открывая проход маслу из полости *И* в полость *Ж*, давление в которой повышается. Настройка клапана на заданное давление осуществляется поворотом винта *1*, который фиксируется контргайкой *2*.

Золотники реверсирования с гидравлическим управлением типа Г72-3 предназначены для реверсирования рабочих органов в станках, для остановки и пуска рабочих органов.

Золотник (рис. 48) состоит из следующих деталей: корпуса *1*, золотника *2*, крышек *3* и *7*, шайб *5*, пружин *6*, дросселей *10*, шариков *8*, пружин *9* и заглушек *4*.

Когда давления в торцовых полостях равны, золотник устанавливается пружинами *6* в среднее положение.

Золотник *2* перемещается в крайнее положение при соединении одной из торцовых полостей с давлением управления, а второй — со сливом. При этом масло из линии управления поступает под соответствующий торец через обратный шариковый клапан *8*. Из-под противоположного торца масло вытесняется через дроссель *10*. Регулировкой дросселей *10* можно установить скорость перемещения золотника, т. е. время реверса, раздельно в каждом направлении. При вывертывании дросселя время реверса уменьшается. Если вращением дросселя не удается установить требуемое время переключения золотника, следует проверить плотность прилегания шарика к седлу обратного клапана и убедиться, нет ли утечки масла по стыкам крышек и корпуса.

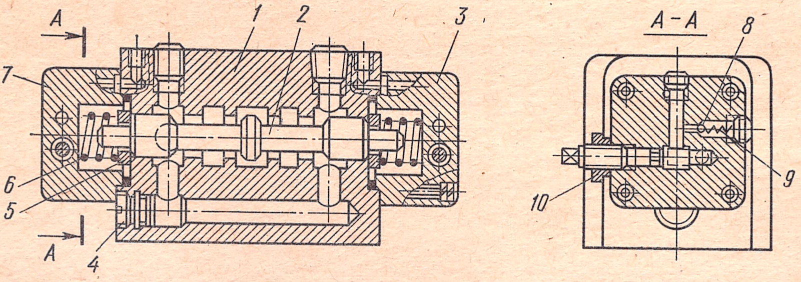


Рис. 48. Золотник реверсивный с гидравлическим управлением

Золотник реверсивный с электрическим управлением типа Г73-1 (рис. 49) состоит из следующих деталей и узлов: корпуса *1*, золотника *2*, втулок *6*, пружин *4*, шайб *3*, толкателей *8*, чашек *5*, гильз *7* и электромагнитов *9*.

Электромагниты подключаются к цепи управления станка через штепсельный разъем *10*, установленный сверху на корпусе аппарата. Золотник *2* перемещается в крайние положения электромагнитами *9* толкающего типа, воздействующими на золотник через толкатели *8*, выполненные из немагнитной стали.

При включении правого электромагнита правая цилиндровая проточка соединяется с нагнетателем, а левая — со сливом. При включении левого электромагнита левая цилиндровая проточка соединяется с нагнетанием, а правая — со сливом. При выключении электромагнитов трехпозиционный золотник *2* возвращается пружинами *4* в среднее положение.

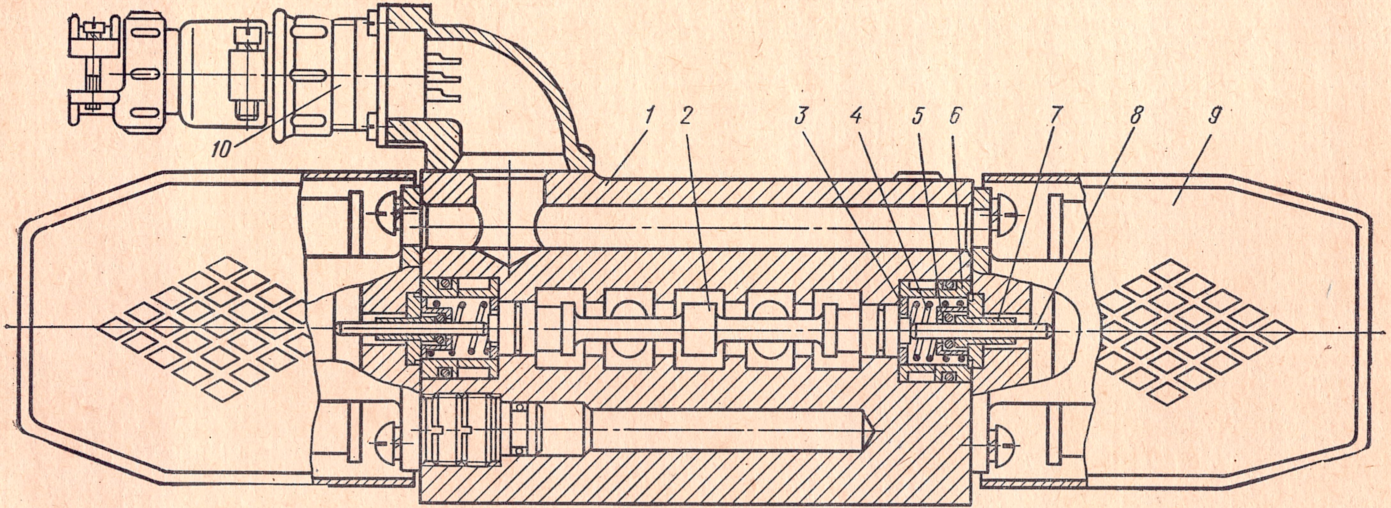

10
1
2
3
4
5
6
7
8
9

Рис. 49. Золотник реверсивный с электрическим управлением

Золотник реверсивный с электрогидравлическим управлением типа Г73-2 (рис. 50) представляет собой комбинацию реверсивного золотника с гидравлическим управлением *2* (типа Г72-3) и управляющегося им золотника с электрическим управлением *1* (типа Г73-1).

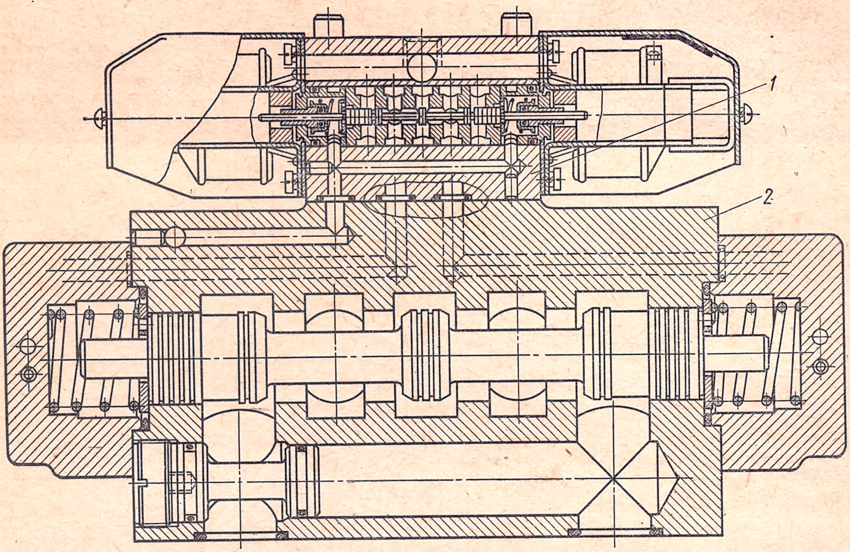


Рис. 50. Золотник реверсивный с электрогидравлическим управлением

Указания по эксплуатации гидравлического оборудования станков

Для надежной и продолжительной работы гидравлических механизмов необходимо содержать в чистоте всю гидравлическую систему станка, выполняя следующие требования:

1. Масло, заливаемое в гидросистему, должно быть чистым. В гидросистемах следует применять масло ВНИИНП-403 (минеральное) или «Турбинное 22П» (температура масла от + 10 до + 50° С). Не реже одного раза в год необходимо менять масло в системе. Допускается применять масло «Индустриальное 20» или «Турбинное 22», при этом полностью заменять его следует не реже одного раза в 6 месяцев.

Смешивание разных марок масла не допускается. Перед заливкой в бак масло должно быть тщательно профильтровано.

Масло наливается до верхней отметки указателя уровня масла с последующим добавлением после заполнения гидросистем станка при пуске насоса.

2. Необходимо постоянно поддерживать чистоту масла в процессе эксплуатации станка, для этого:

а) не реже одного раза в месяц удалять грязь из корпусов всех фильтров, продувать и промывать керосином фильтрующие элементы;

б) один раз в 6 месяцев заменять сменный фильтрующий элемент в фильтрах тонкой очистки (автомобильных). Регулярно спускать отстой из их корпусов (1 раз в неделю);

в) не реже 1 раза в неделю производить очистку пластинчатых фильтров путем поворота рукоятки. При пуске станка и после замены масла в течение трех дней фильтры очищать ежедневно.

3. Во избежание чрезмерных утечек масла и попадания в гидросистему воздуха следить за герметичностью всех соединений.

4. Строго следить за уровнем масла в баке. Не допускать пуска привода при чрезмерно низком уровне масла в баке.

5. Все работы, связанные с разборкой гидроаппаратов, должен производить только квалифицированный слесарь.

6. Перед пуском станка в работу необходимо прогреть масло, для чего включить гидросистему на несколько минут.

Возможные нарушения нормальной работы гидропривода

В случае нарушения нормальной работы гидропривода не рекомендуется производить перенастройку регулирующей гидроаппаратуры.

Прежде всего необходимо установить, не вызваны ли эти нарушения попаданием воздуха в систему или загрязнением масла, питающего гидропровод.

Появление пены и пузырьков на поверхности масла в баке указывает на присутствие воздуха в системе. В этом случае требуется проверить плотность соединений всасывающего трубопровода.

Загрязнение масла, питающего гидросистему, обычно вызывает заедание золотников, клапанов и другой контрольно-регулирующей аппаратуры.

Возможные неисправности гидропривода, их причины и способы устранения даны в табл. 2 (см. стр. 58—62).

§ 8. ВЕРТИКАЛЬНО-ФРЕЗЕРНЫЙ СТАНОК С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ 654Ф3

Вертикально-фрезерный бесконсольный станок с программным управлением модели 654Ф3 (рис. 51) предназначен для обработки заготовок значительных габаритов и массы.

В отличие от ранее рассмотренных станков станок модели 654Ф3 оснащен замкнутой системой программного управления, обеспечивающей повышенную точность обработки на станке.

ТАБЛИЦА 2

Неполадки	Возможные причины неполадок	Указания для выявления и устранения неполадок
1. Насос не подает масло в систему	1.1. Неправильное направление вращения вала насоса	Немедленно выключить привод во избежание задира насоса из-за отсутствия масла. Реверсировать привод
	1.2. Чрезмерно низкий уровень масла в баке	Долить масло до отметки маслоуказателя
	1.3. Засорение всасывающей трубы или фильтра	Прочистить засорившиеся элементы
	1.4. Подсос воздуха во всасывающей магистрали	Проверить, нет ли механических повреждений (трещин и пробоин). Проверить герметичность соединений, расположенных выше уровня масла в баке
	1.5. Поломка насоса	Заменить насос
	1.6. Чрезмерно велика вязкость жидкости	Заменить жидкость на рекомендуемую для данного насоса
2. Насос не создает давления в магистрали нагнетания	2.1. Насос не подает масла в систему	См. п. 1.1
	2.2. Чрезмерный износ насоса (большие внутренние утечки)	Проверить производительность насоса на холостом ходу и под нагрузкой. При резком снижении к. п. д. насоса против паспортных данных заменить насос
	2.3. Большие внешние утечки по валу, через корпус насоса, через трубопроводы или уплотнения гидроагрегатов	Проверить, нет ли раковины и повреждений в корпусе насоса, исправность уплотнений. Заменить неисправные. Подтянуть соединения трубопроводов
	2.4. Большие внутренние утечки в гидроагрегате	При обнаружении обильного слива масла из заторможенных гидроагрегатов устранить негерметичность поршневых пар (заменить уплотнения, притереть поршни и т. п.)
	2.5. Открыть слив через предохранительный клапан	Проверить, подтянут ли предохранительный клапан. Снять клапан, разобрать, проверить состояние демпферного отверстия, пружины, шарика и его седла. Устранить замеченные неисправности, промыть, собрать и установить клапан

Неполадки	Возможные причины неполадок	Указания для выявления и устранения неполадок
3. Шум и вибрации в гидроприводе	3.1. Большое сопротивление во всасывающей магистрали	Прочистить всасывающую трубу
	3.2. Подсос воздуха во всасывающей магистрали	См. п. 3.1, 3.4
	3.3. Пузырьки воздуха в засасываемом масле	Устранить попадание воздуха в масло. Дать маслу отстояться или сменить масло
	3.4. Засорение воздушного сапуна гидробака	Прочистить сапун
	3.5. Неисправности насоса (заедание лопаток, выход из строя подшипников и т. д.)	Отремонтировать или заменить насос
	3.6. Некачественный монтаж насосной установки	Проверить центрирование валов насоса и приводного электродвигателя, исправность присоединительной муфты, крепление насоса и двигателя. Устранить замеченные дефекты
	3.7. Вибрация предохранительного клапана	Снять клапан, разобрать и проверить состояние его деталей. Прочистить, установить на место
4. Неравномерное движение гидравлических органов	4.1. Наличие воздуха в системе	Выпустить воздух из системы, проделать несколько двойных ходов на максимальной скорости
	4.2. Неравномерная подача масла насосом (вследствие заедания, поломки одной или нескольких лопаток)	Отремонтировать или заменить насос
	4.3. Давление настройки предохранительного клапана близко к давлению, необходимому для движения рабочих органов	Подтянуть предохранительный клапан, настроив его на давление, которое на 5—10 кГ/см^2 больше, чем давление, необходимое для движения рабочих органов
	4.4. Перекосы оси цилиндра по отношению к направляющим перемещаемого узла	Установить цилиндр параллельно направляющим
	4.5. Пережимы направляющих, недостаток смазки, задиры	Отрегулировать затяжку направляющих, проверить подачу смазки и качество сопряженных поверхностей

Неполадки	Возможные причины неполадок	Указания для выявления и устранения неполадок
4. Неравномерное движение гидравлических органов	4.6. Недостаточно противодавление в сливной полости цилиндра	Повысить сопротивление сливной магистрали (регулировкой подпорного клапана или дросселя на сливе)
5. Резкое уменьшение скорости движения при росте нагрузки	5.1. Большие внешние или внутренние утечки в насосе, гидросети или цилиндре	См. п. 2.2, 2.3, 2.4
	5.2. Регулятор скорости заедает в открытом положении	Снять и разобрать регулятор скорости; проверить исправность пружины и плавность перемещения золотника регулятора, устранить дефекты, промыть и собрать регулятор
6. Постепенное уменьшение скорости движения при неизменной нагрузке	6.1. Загрязненность рабочей жидкости	Заменить жидкость и промыть гидропривод керосином или чистой рабочей жидкостью
	6.2. Засорение фильтров и других аппаратов в цепи питания рассматриваемого цилиндра	Промыть аппаратуру
	6.3. Облитерация (заращивание) дроссельных щелей	По возможности увеличить минимальное открытие дросселя
	6.4. Повышение утечек вследствие понижения вязкости масла при нагревании	Заменить масло на другое, с бóльшим индексом вязкости; устранить причину повышенного нагрева
7. Повышенное давление в нагнетательной магистрали при холостом ходе	7.1. Повышение потери давления в гидроприводе вследствие некачественного монтажа	Проверить качество монтажа, заменить сплющенные трубы, устранить скручивание и перегибы шлангов
	7.2. Повышение механических сопротивлений перемещению	См. п. 4.4
8. Повышенный нагрев масла в гидросистеме	8.1. Повышенные потери в системе давления	См. п. 7.1
	8.2. Неисправность системы охлаждения	Проверить подачу в радиатор жидкости, отрегулировать терморегулятор
	8.3. Насос не разгружается в периоды пауз	Проверить работу разгрузочного устройства, устранить неисправности
	8.4. Предохранительный клапан настроен на слишком высокое давление	Снизить давление, проверить работоспособность станка

Продолжение табл. 2

Неполадки	Возможные причины неполадок	Указания для выявления и устранения неполадок
Неполадки в отдельных аппаратах		
9. Аксиально-поршневой гидромотор стучит при вращении в одном направлении	Недостаточный подпор в сливной магистрали	Отрегулировать подпорный клапан
10. Аксиально-поршневой гидромотор не вращается при подводе к нему жидкости	10.1. Ротор отжимается вследствие износа или задиров распределительных поверхностей, заедания поршней, тугой посадки ротора или подшипника в корпусе	Разобрать гидромотор, пришабрить и притереть изношенные поверхности, пригнать поршни до свободного опускания их под действием собственной массы, ослабить посадку ротора или подшипника в корпусе до скользящей
	10.2. Недостаточное давление в системе	См. п. 1.2
11. Обратный клапан не удерживает поток жидкости	11.1. Неприлегание клапана к седлу 11.2. Поломка пружины	Разобрать клапан, проверить состояние конуса клапана, седла, пружины Устранить дефекты промыть и собрать клапан
12. Предохранительный клапан не удерживает давление	12.1. Засорился демпфер или нет плотного прилегания клапана к седлу	Отвернуть пробку, прочистить демпфер ∅ 1 мм, промыть клапан
	12.2. Вышли из строя пружины	Заменить пружины
	12.3. Износился шарик	Заменить шарик
13. Давление в системе при применении напорных золотников колеблется	13.1. Засорился демпфер	Прочистить демпфер иглой ∅ 1 мм
14. Давление в системе за редукционным клапаном отсутствует или колеблется	14.1. Засорился демпфер в золотнике или нет плотного прилегания к седлу клапана	См. п. 12.2
	14.2. Вышли из строя пружины	См. п. 12.1
	14.3. Износился шарик	См. п. 12.3
15. Давление в системе за редукционным клапаном периодически повышается вплоть до давления, развиваемого насосом	Засорился демпфер в корпусе	Снять крышку и прочистить в корпусе демпфер
16. Через дренажные отверстия аппаратов идут большие утечки	Износились уплотнения	Заменить уплотнения

Продолжение табл. 2

Неполадки	Возможные причины неполадок	Указания для выявления и устранения неполадок
17. Расход жидкости через дроссели постепенно уменьшается	17.1. Засорение дроссельных щелей	Несколько раз провернуть рукоятку дросселя, продолжая пускать через него жидкость. Если расход не стабилизируется, разобрать и промыть аппарат
	17.2. Заращивание (облитерация) щелей	См. п. 6.3
18. Течь жидкости через реле давления	Неплотность в закреплении мембраны или нарушении ее целостности	Проверить и устранить дефекты
19. Золотники с электрическим или электрогидравлическим управлением не переключаются при включении электромагнита	19.1. Заедание золотника в корпусе	Снять электромагниты, проверить вручную перемещение золотника, промыть аппарат, проверить, не перетянуты ли винты крепления корпуса золотника
	19.2. Якори электромагнитов не перемещаются на полную величину хода	Проверить напряжение на зажимах электромагнита, устранить заедание якоря при перемещении
20. Электромагниты гудят и перегреваются	20.1. См. п. 19.2	См. п. 13.2
	20.2. Слишком сильны возвратные пружины	Заменить пружины на более слабые, но достаточные для переключения золотника
21. Вращение дросселей реверсивных золотников не обеспечивает регулирования времени переключения	21.1. Шарик неплотно прилегает к седлу вследствие засорения или износа, повреждены поджимающие пружины	Разобрать аппарат, уточнить и устранить дефекты, промыть и собрать
	21.2. Течь масла из-под торцов по соединительному стыку между крышками и корпусом	Исправить уплотнения стыков (устранить забоины, заменить прокладки)

Привод подач по всем трем координатам осуществляется от индивидуальных электродвигателей постоянного тока типа ПГТ с гладким ротором. Эти двигатели отличаются высоким быстродействием, имеют небольшой маховой момент, благодаря чему привод подачи имеет высокие динамические показатели, на станке обеспечивается высокая точность обработки с высокой производительностью.

В качестве датчиков обратной связи использованы измерительные устройства, состоящие из двух элементов: фазоимпульс-

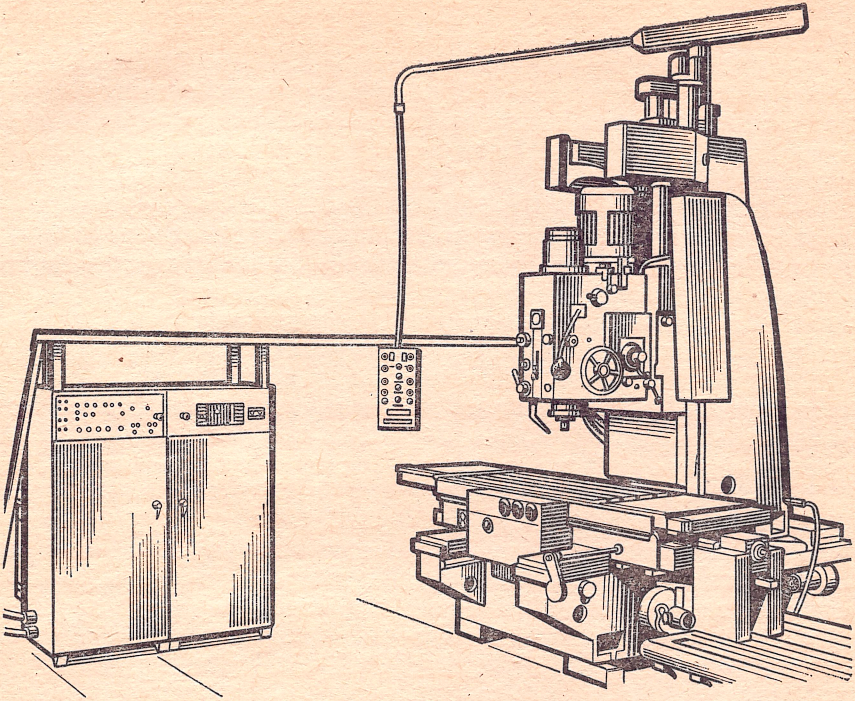


Рис. 51. Вертикально-фрезерный бесконсольный станок с программным управлением мод. 654Ф3

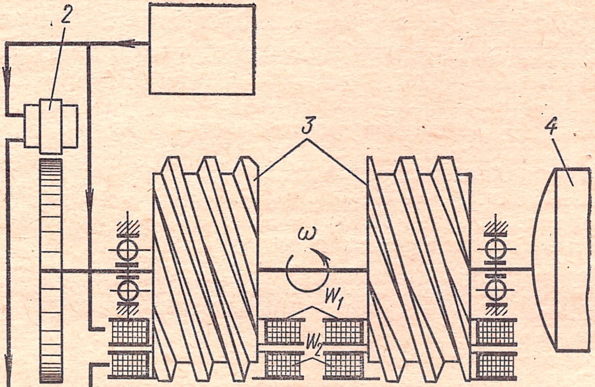


Рис. 52. Схема фазоимпульсного датчика ДЛМ-11 со шкалой

ного датчика ДЛМ-11 и шкалы. Схема датчика со шкалой приведена на рис. 52.

Магнитная система датчика состоит из двух элементов: шкалы-замыкателя *1* и сердечника *3*. Сердечник *3* представляет собой два магнитно-изолированных друг от друга башмака, которые вращаются на двух опорах. Привод вращения башмаки получают от синхронного электродвигателя *4*.

На шкале нанесены зубцы с шагом 1 мм. С таким же шагом выполнена нарезка винтовой канавки на башмаках. При вращении башмаков с постоянной скоростью вершина резьбы начнет перемещаться вдоль оси башмаков. Зазор между зубцами шкалы и резьбой башмаков будет периодически меняться, а следовательно будет меняться и магнитная проводимость всей системы.

Это изменение проводимости используется для получения основного сигнала. При смещении нарезки шкалы в осевом направлении место встречи вершины зубьев башмаков и шкалы по углу поворота башмака будет смещаться, т. е. происходит смещение по фазе основного сигнала от начала отсчета.

Для работы датчика в измерительной схеме необходимо получить с датчика также сигнал о точке начала отсчета, для этого на валу башмаков установлен круговой датчик *2*, который выдает сигнал в зависимости от угла поворота башмака.

Измерительная шкала состоит из отрезков длиной 300 мм, которые монтируют на самостоятельной платформе. Это делается для того, чтобы можно было произвести тарировку датчиков вне станка.

При монтаже измерительного устройства должны быть выдержаны следующие условия: рабочая грань линейки может быть непараллельна направлению перемещения рабочего органа не более чем на 0,01 мм, зазор между линейкой и башмаками датчика должен быть выдержан в пределах 0,08 ± 0,02. Датчик ДЛМ-11 обычно крепится на подвижном элементе, а шкала — на неподвижном.

Техническая характеристика станка

Размер рабочей площади стола, мм:	
длина	1600
ширина	630
Наибольшее перемещение стола, мм:	
продольное	1300
поперечное	600
Наибольшее вертикальное перемещение фрезерной бабки, мм	650
Наибольшее вертикальное перемещение пиноли, мм	100
Расстояние от торца шпинделя до стола, мм:	
наименьшее	100
наибольшее	750
Перемещение стола и фрезерной бабки за один импульс, мм	0,01
Число оборотов шпинделя, мин	25—1250
Мощность электродвигателя главного движения, кВт	13
Число ступеней скоростей шпинделя	18

Диапазон рабочих подач по координатам, мм/мин:	
координаты X и Y	от 0 до 1500
координата Z	от 0 до 1000
Скорость быстрого перемещения стола и фрезерной бабки, мм/мин	4800
Наибольшее усилие, допускаемое механизмами подач по координатам X, Y и Z соответственно, кГ	1400; 1400; 1300
Наибольшая масса обрабатываемой детали, кг	1000
Габаритные размеры станка, мм:	
длина	4190
ширина	3105
высота	4140
Масса станка, кг	14 000

Общая компоновка станка выполнена аналогично компоновке станка модели 6520Ф3, рассмотренного нами ранее.

Кинематическая схема станка (рис. 53) состоит из четырех независимых кинематических цепей: цепи главного движения и цепей приводов подач по трем координатным осям (X, Y, Z).

Рассмотрим кинематическую цепь привода главного движения станка. Привод главного движения осуществляется от асинхронного электродвигателя *1*, от которого вращение через зубчатые колеса *15—16* передается на вал *I*. На валу *I* находится блок *4*, состоящий из трех зубчатых колес, который входит в зацепление с зубчатыми колесами *2*, *5* и *6* вала *II*. С зубчатыми колесами *3*, *5* и *7*, неподвижно сидящими на валу *II*, входят в зацепление три зубчатых венца блока *8*, перемещающегося на валу *III*; таким образом, вал *III* имеет девять различных скоростей вращения. На валу *III* имеется также блок *14—15*, состоящий из двух зубчатых колес, которые последовательно сцепляются с зубчатыми колесами *12* и *13*, передающими вращение на шпиндель *IV*. Таким образом, коробка скоростей обеспечивает *18* различных скоростей вращения шпинделя. Стол, салазки и шпиндельная бабка перемещаются от шариковых ходовых винтов *9*, которые приводятся во вращение от электродвигателей постоянного тока *11* через силовые редукторы с беззазорными зубчатыми передачами *10*. Кинематические схемы редукторов очень просты и не требуют пояснений.

Рассмотрим особенности устройства отдельных узлов станка.

Станина представляет собой жесткое основание, на котором крепятся стойка, редуктор поперечных перемещений, насосная станция смазки и насос охлаждения. Станина имеет две корытообразные направляющие, по которым перемещаются салазки со столом в поперечном направлении (координата Y). От опрокидывания в крайних положениях стола салазки удерживаются планками.

В станине смонтирован шариковый винт поперечной подачи. Для осуществления обратной связи по пути при поперечном перемещении на станине укрепляется датчик обратной связи.

От попадания стружки направляющие надежно защищены кожухами, которые крепятся к салазкам.

Средний отсек станины заполняется охлажденной жидкостью, а в нише задней части находится масляная ванна. Для отвода стружки в станине предусмотрены боковые каналы.

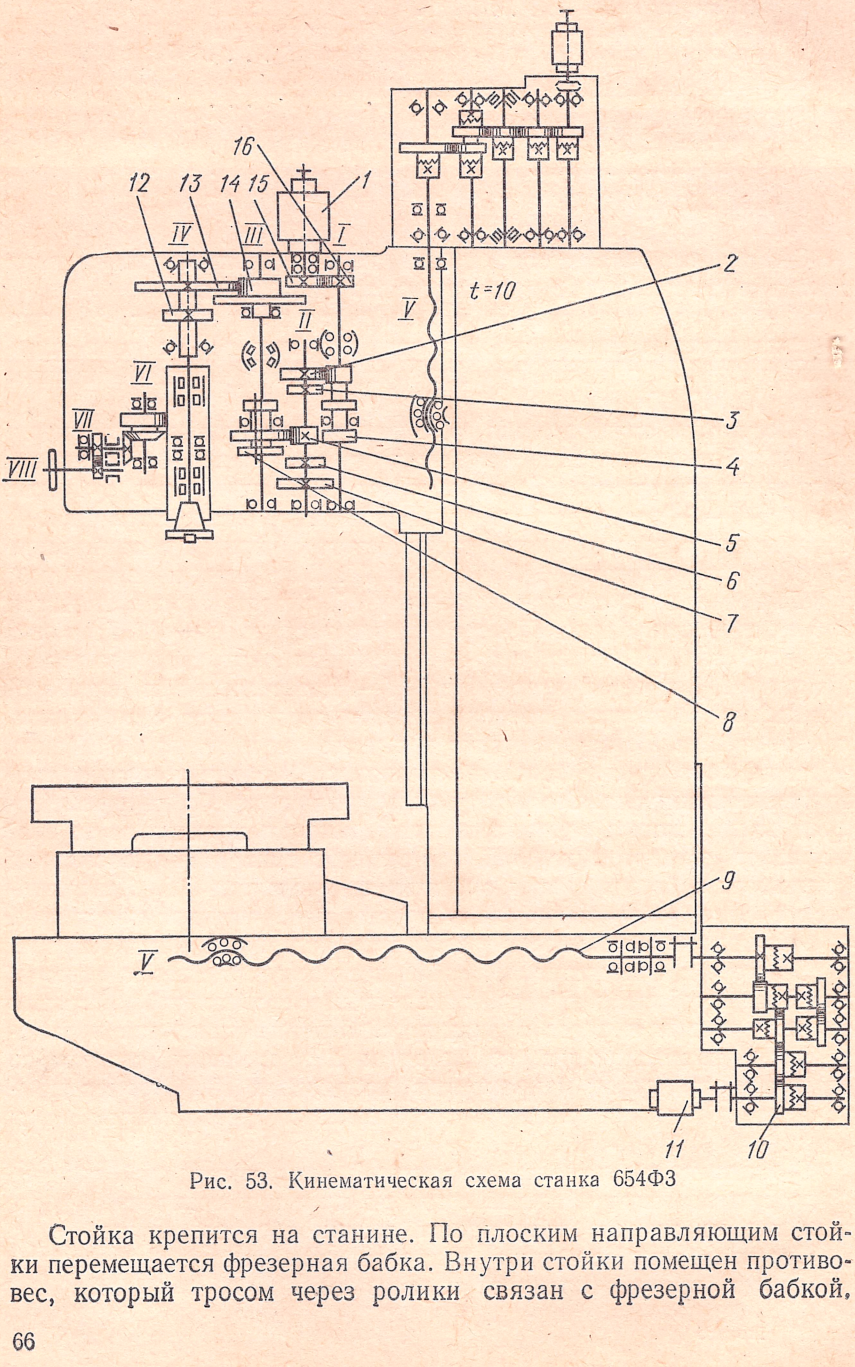

16
12
13
14
15
1
IV
III
I
2
t=10
V
II
VI
VII
VIII
3
4
5
6
7
8
9
V
11
10

Рис. 53. Кинематическая схема станка 654Ф3

Стойка крепится на станине. По плоским направляющим стойки перемещается фрезерная бабка. Внутри стойки помещен противовес, который тросом через ролики связан с фрезерной бабкой, Для направления противовеса при его перемещении в стойке имеется по два штыря на каждой стороне стойки. Сверху на стойке крепится редуктор вертикальной подачи фрезерной бабки. Справа на стойке укреплена плита для размещения шкал-реек датчика обратной связи вертикального перемещения (координата Z). Слева размещена линейка для отсчета перемещения фрезерной бабки.

В нишах, расположенных сзади на стойке, помещены клеммники электроразводки. На верхнем платике стойки размещен подвесной пульт управления станком.

Фрезерная бабка выполнена в виде самостоятельного узла с установленным на нем реверсивным электродвигателем переменного тока. Фрезерная бабка перемещается по вертикальным направляющим стойки, причем для повышения долговечности и уменьшения скачка на малых перемещениях направляющие бабки снабжены планками из специального сплава. Подача фрезерной бабки осуществляется редуктором вертикальных подач через шарико-винтовую пару.

Шпиндель вращается от электродвигателя через коробку скоростей, имеющую 18 ступеней чисел оборотов. Скорости переключаются двумя рукоятками.

Пиноль со шпинделем перемещается от маховика. В тяжелых режимах рекомендуется гильзу зажимать рукояткой и ключом за верхний квадрат зажимных колодок. Точно устанавливать шпиндель по высоте позволяет индикатор, расположенный в стойке пиноли. Загрузку двигателя главного привода во время работы контролируют по амперметру, установленному на лицевой стороне фрезерной бабки. Сила тока, соответствующая максимальной нагрузке на шпинделе станка, обозначена на амперметре красной чертой.

Зазор в боковых направляющих между фрезерной бабкой и стойкой регулируют с помощью клина. Перемещение фрезерной бабки в программном режиме контролирует датчик обратной связи, укрепленный на боковой поверхности бабки. Этот датчик ведет отсчет перемещений со шкалы-рейки, выставленной с высокой точностью на параллельность ходу бабки на стойке. На левой стороне корпуса бабки имеется ниша для размещения клеммников.

Если шестерни при их переключении попадают «зуб на зуб», необходимо нажать на кнопку «*Проворот шпинделя*», расположенную слева от механизма переключения.

Шпиндель станка *1* смонтирован в пиноли *2* (рис. 54).

В передней и задней опорах шпинделя для восприятия радиальных нагрузок установлены двухрядные роликовые подшипники с коническим внутренним кольцом *3* и *9*.

Для регулировки радиального зазора в переднем подшипнике следует снять крышку на передней части фрезерной бабки вместе с нониусом перемещения гильзы, а также фланец *12* с манжетой, полукольца *11* и ослабить винты *5*. Подтяжкой гайки *4* через отверстие в гильзе необходимо установить требуемый зазор в подшипнике. Затем замерить щупом размер между торцовой поверхностью шпинделя и кольцом *10* и довести шлифованием полукольца *11* до необходимого размера. Сборка производится в обратной последовательности.

При регулировке следует иметь в виду, что для устранения радиального зазора в подшипнике 0,01 мм необходимо подшлифовать полукольца на 0,12 мм.

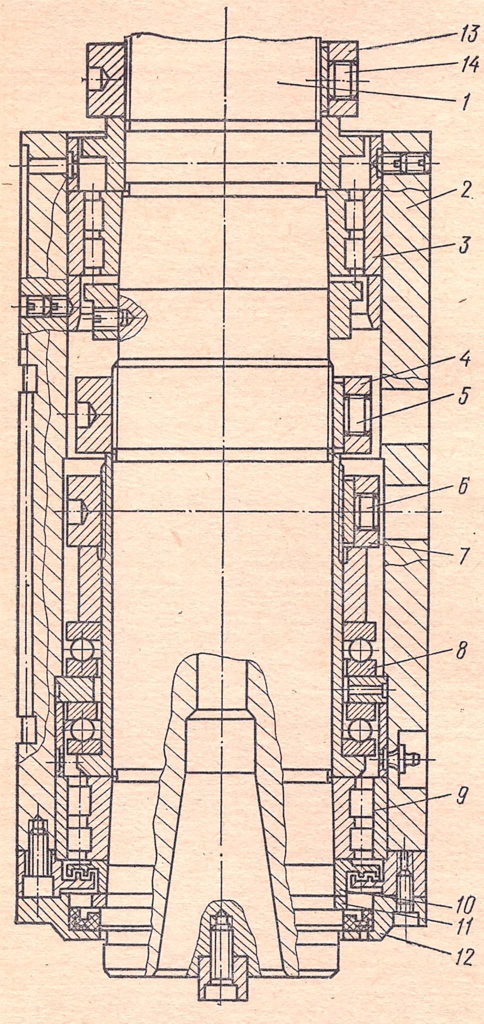


Рис. 54. Шпиндель станка 654Ф3

Для уменьшения осевого зазора в упорных подшипниках *8* через отверстия в гильзе нужно ослабить винты *6* и подтянуть гайку *7* до получения требуемого зазора, затем затянуть винты *6*. Гайки *4* и *7* подтягивают проворотом шпинделя вручную. Радиальный зазор в заднем подшипнике регулируют подтяжкой гайки *13* через отверстие в корпусе фрезерной бабки, после чего гайка снова стопорится винтом *14*.

Правильность регулировки проверяется обкаткой шпинделя на максимальном числе оборотов в течение 15—20 мин. Температура нагрева подшипников не должна превышать 60—70° С. Быстрый нагрев подшипников указывает на излишний натяг при регулировке.

Регулировку заднего подшипника шпинделя рекомендуется проводить только в случае крайней необходимости и при очередных ремонтах станка.

Особое внимание следует обращать на необходимость тщательной законтровки регулировочных гаек.

Стол представляет собой жесткую чугунную отливку, имеющую две плоские направляющие, снабженные планками из специального сплава.

Зеркало стола имеет три Т-образных паза для крепления изделия и две окаймляющие канавки для сбора охлаждающей жидкости с последующим отводом ее в расположенный на салазках желоб, а затем в станину. Канавки выполнены также в виде Т-образных пазов.

Продольно стол перемещается по направляющим салазок с с помощью предварительно натянутой шариковой гайки и винта. Винт через безлюфтовую муфту соединяется с редуктором продольной подачи, который крепится к торцу салазок.

Датчик обратной связи продольного перемещения (координата *X*) крепится к передней части салазок, а на столе закрепляется отсчетная шкала-рейка. Салазки обеспечивают поперечное перемещение находящегося на них стола также с помощью шариковой пары, которая собрана с предварительным натягом, обеспечивающим повышение жесткости и возможность осуществления фрезерования по подаче. Кроме того, выполнение шариковых гаек стола и салазок в виде двойных гаек позволяет периодически производить дополнительный натяг по мере износа витков.

В крайних положениях стола широко расставленные направляющие станины надежно удерживают его от опрокидывания. Это дает возможность использовать всю рабочую поверхность стола и сохранять необходимую точность в крайних положениях. Для осуществления обратной связи по пути при продольном перемещении на салазках закрепляется шкала-рейка, взаимодействующая с датчиком обратной связи, расположенным на станине. Расположенная спереди салазок коробка ручных перемещений с помощью маховиков, насаженных в безлюфтовом исполнении на роторы вращающихся трансформаторов, позволяет осуществлять ручные подачи по всем трем координатам без потери синхронизации при включении и выключении ручных перемещений.

За один полный оборот маховика рабочий орган перемещается на 1 мм. Маховик имеет шкалу лимба, цена деления которой 0,01 мм. Это устройство может быть использовано для точного позиционирования. При этом грубый отсчет производится по линейке, а точный — с помощью лимба. Зазоры в боковых направляющих стола и салазок выбираются соответствующими клиньями.

Отсчет перемещений стола и салазок производится при помощи линеек. Маховики ручных перемещений имеют лимбы, позволяющие производить точный отсчет, цена деления лимба 0,01 мм.

Направляющие стола защищены телескопическими кожухами, предотвращающими попадание в них стружки, грязи и брызг охлаждающей жидкости. Направляющие и шарико-винтовые пары с подшипниками смазываются от централизованной системы смазки. Величину подачи масла к точкам смазки можно регулировать дросселем, установленным слева в салазках. Для ограничения хода стола и салазок в крайних положениях имеются конечные выключатели. Для уменьшения ошибок с помощью четырех подпружиненных роликов производится разгрузка салазок.

Регулировка натяга шарико-винтовой пары (рис. 55), необходимая для обеспечения точности станка и нормальной его работы в процессе эксплуатации, производится в следующем порядке:

а) произвести регулировку передачи винт — гайка на нулевой зазор, для чего измерить осевой зазор передачи и повернуть обе гайки *1* и *2* в одном направлении на одинаковое число зубьев $z = 0,89\Delta$, где z — число зубьев, на которое надо повернуть обе гайки; Δ — измеренный осевой зазор, мкм;

б) нанести нулевые риски на обоих торцах стакана (кронштейнов) и гаек, соответствующие нулевому зазору;

в) для создания осевого натяга необходимо повернуть обе гайки в одну сторону на одинаковое число зубьев, которое указано на чертежах соответствующих узлов.

При этом необходимо помнить о неравномерности износа винта и возможности заклинивания на отдельных участках. Поэтому после сборки рекомендуется перемещать узел на малой подаче, постоянно ведя наблюдение за подключенным к двигателю подач амперметром. Для регулировки зазора в направляющих стола, салазок и фрезерной бабки предусмотрены регулировочные клинья.

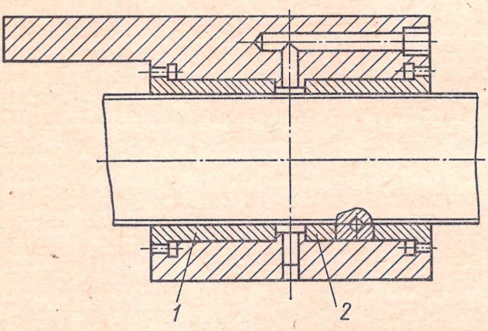


Рис. 55. Схема регулировки натяга в шариковых винтовых парах

Надежность работы станка в значительной степени зависит от систематической и своевременной смазки всех трущихся частей станка. Работающему на станке надо помнить, что своевременная смазка и регулярная очистка предохранят станок от преждевременного износа, сохранят точность и легкость работы механизмов.

В станке применена централизованная система смазки, смонтированная на боковой стенке станины. Схема системы смазки приведена на рис. 56. Шестеренный насос *7* через всасывающий фильтр *8* засасывает масло из емкости в задней части станины *9* и прокачивает его через напорный золотник *6*, пластинчатый фильтр *5* и регулируемые дроссели *10* и *1*. Масло поступает к направляющим стола и салазок, механизмам шариковых пар стола и салазок, редукторам подачи стола, салазок бабки.

Для смазки этих механизмов применяют масло «Индустриальное 30», которое заливают через специальную горловину на заднем торце станины до уровня маслоуказателя.

Подвод смазки к механизмам шариковой гайки стола, к направляющим стола и салазок осуществляется через гибкие шланги и маслораспределитель *4*. При помощи специальной дроссельной коробки *3*, установленной на салазках, предусмотрена возможность независимого регулирования количества подачи масла к направляющим стола, салазок, механизмам привода стола и салазок. Отработанное масло из салазок обратно в резервуар сливается

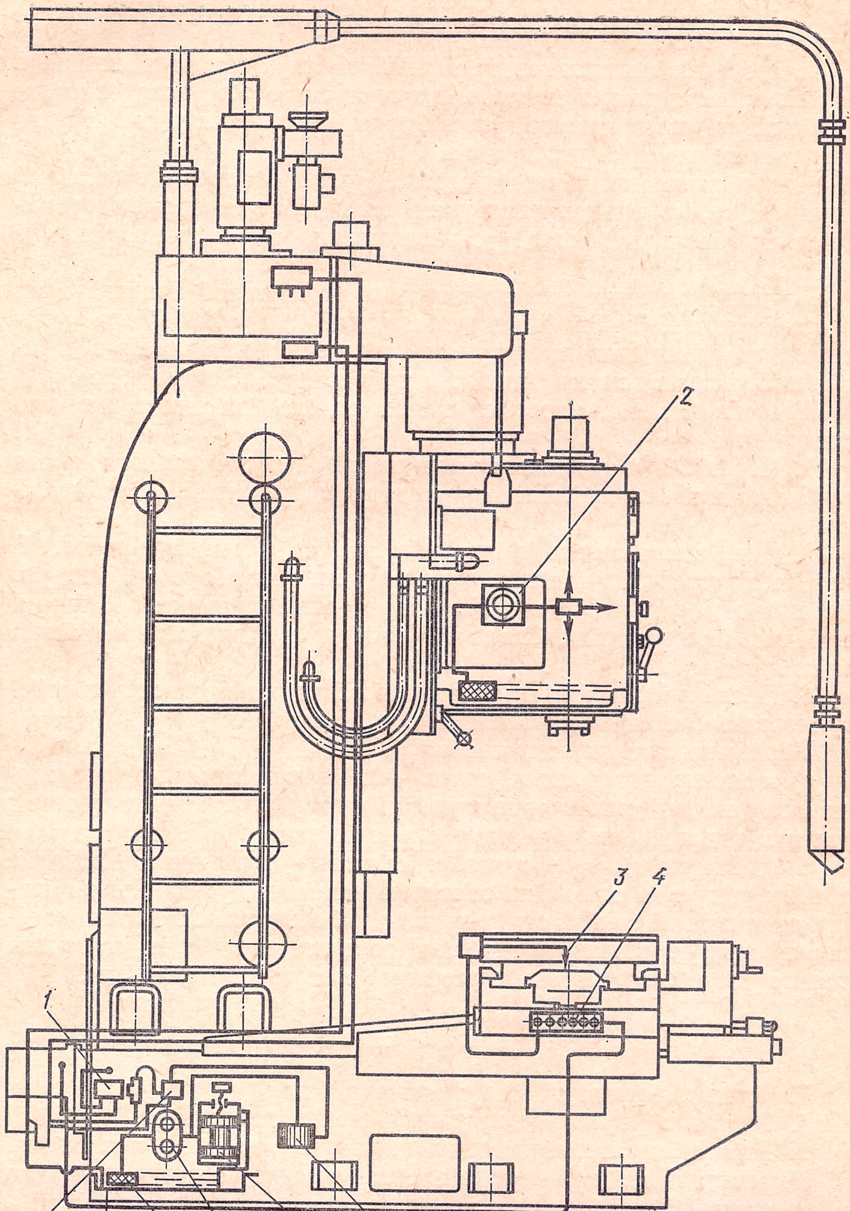

2
3
4
1
10
9
8
7
6
5

Рис. 56. Система централизованной смазки станка 654Ф3

непрерывно через сливную трубу, из редуктора продольной подачи — через гибкий шланг, а из редукторов поперечной и вертикальной подачи — по сливным трубам.

Для смазки механизмов фрезерной бабки (кроме подшипников шпинделя) применяют масло «Индустриальное 30», которое подается с помощью лопастного насоса *2* (производительностью 5 л/мин), встроенного во фрезерной бабке.

Масло заливают через отверстие, расположенное в верхней части бабки, до уровня маслоуказателя. Работу насоса контролируют по маслоуказателю, установленному на передней стенке бабки.

Подшипники шпинделя смазывают консистентной смазкой через пресс-масленки. Смазка к направляющим фрезерной бабки и механизму шариковой пары поступает от того же насоса через перепускной клапан, смонтированный на передней стенке бабки.

При обслуживании системы смазки станка необходимо помнить следующее:

1. Через 24 ч работы станка после первоначального пуска необходимо заменить масло в резервуарах фрезерной бабки и станины.

2. Для слива масла предусмотрены спускные отверстия. В процессе эксплуатации необходимо очищать всасывающие фильтры. Всасывающие фильтры снимают через окна фрезерной бабки и станины. При частом засорении фильтров необходимо полностью заменить масло.

3. После расконсервации станка необходимо проверить и отрегулировать систему смазки стола и салазок:

Проверить поступление масла:

а) к механизму привода стола — по маслоуказателю, расположенному на передней стенке салазок (из трубки к маслоуказателю должна вытекать непрерывная струя масла);

б) к направляющим стола и салазок — вывернув резьбовые пробки контроля смазки на салазках и станине, убедиться в наличии вытекающей слабой струи из каждого отверстия. При необходимости отрегулировать количество поступаемого масла к точкам смазки соответствующими дросселями маслораспределителя.

Управление станком

На станке возможны два режима работы:

1. Работа в режиме наладки. Ручное управление.

2. Работа на автоматическом цикле по заданной программе.

Управление станком осуществляется с подвесного пульта станка и со стационарного пульта программного управления (рис. 57).

Панель подвесного пульта станка показана на рис. 57, *б*. Выбор режима работы осуществляется переключателем *6*, который имеет три положения: работа от кнопок, работа от маховичков и работа в автоматическом цикле по программе. При работе от кнопок в ручном режиме возможно:

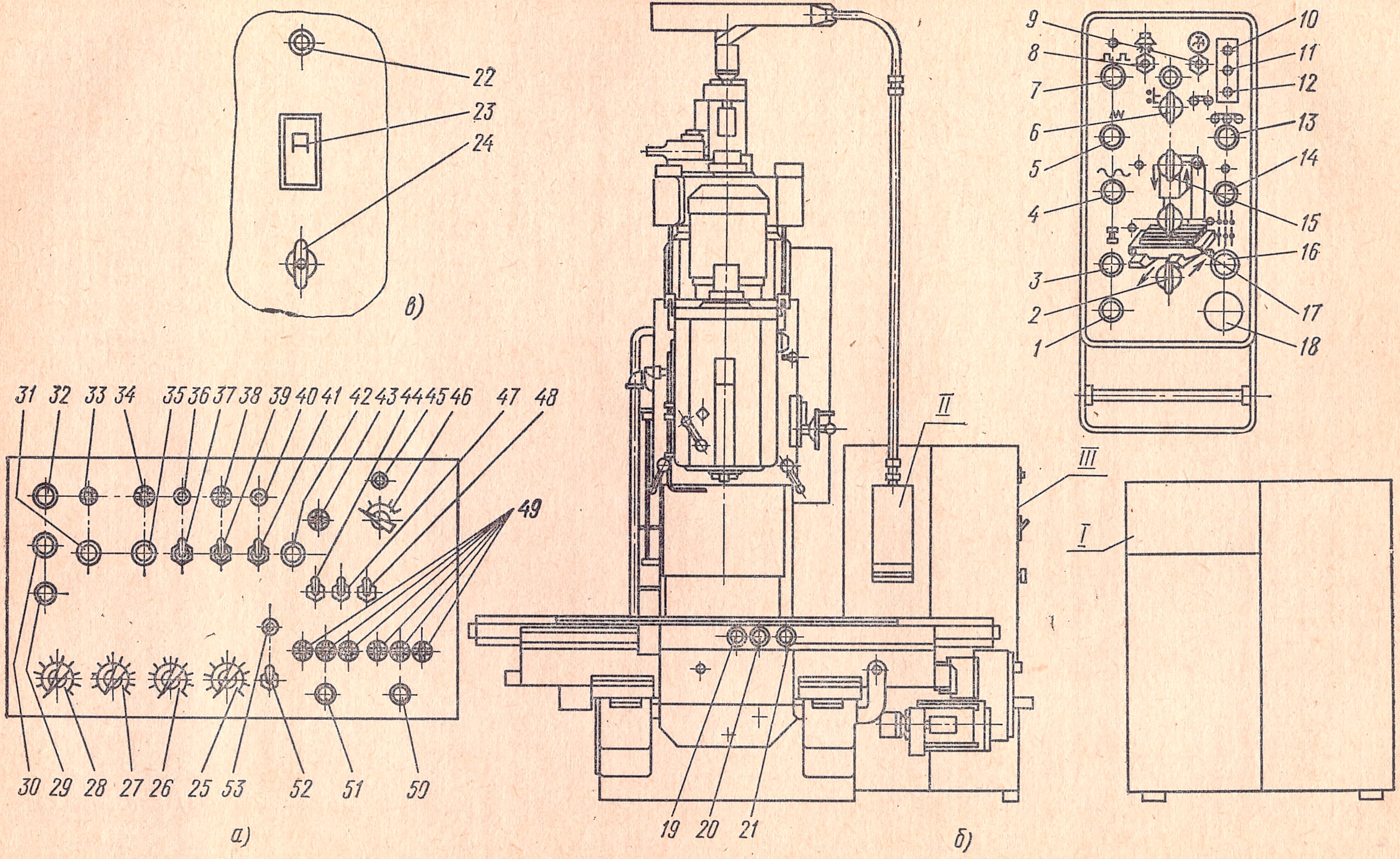

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
I
II
III
а)
б)
в)

Рис. 57. Схема органов управления станком

1) управление перемещениями рабочих органов по координатным осям X, Y и Z;

2) управление скоростью перемещения рабочего органа;

3) управление скоростью вращения шпинделя.

Перемещением шпиндельной бабки управляет переключатель *15*, стола — *17*, а салазок — *2*. Указанными переключателями выбирается только направление перемещения в соответствии с указаниями стрелок.

В режимах ручного управления возможно перемещение рабочих органов на ускоренном ходу, замедленной подаче и перемещение одиночными импульсами. Включение заданного режима производится соответственно кнопками *4*, *5* и *7*. Для пуска шпинделя следует нажать кнопку *3*, останов шпинделя производится кнопкой *1*. Для аварийного останова станка служит кнопка *18*. С подвесного пульта производится также включение местного освещения *8*, пуск насоса охлаждающей жидкости *9*. Выполнение команд, подаваемых с пульта, контролируется индикаторными лампочками, размещенными у соответствующих органов управления.

При работе в режиме наладки производится управление рабочими органами станка с помощью маховичков, размещенных на переднем торце салазок, маховичок *19* управляет перемещением стола, маховичок *20* — салазками и маховичок *21* — шпиндельной бабкой.

Маховичками следует пользоваться при наладке станка, если необходимо произвести доработку мест, не предусмотренных программой, или точно установить стол в заданное положение. При автоматическом цикле с пульта управления производится пуск лентопротяжки (воспроизведение программы) кнопкой *13*. Для останова станка при работе по программе следует нажать на кнопку *14*; на пульте находится также и кнопка *16*, служащая для подачи питания на станок. В правой верхней части пульта находятся индикаторные лампочки *10*, *11* и *12*, сигнализирующие соответственно возврат стола, салазок и фрезерной бабки в исходное положение.

На боковой стороне шкафа электрооборудования станка (рис. 57, *в*) находятся вводной автоматический выключатель *23*, переключатель реверса шпинделя *24* и сигнальная лампа, контролирующая включенное состояние вводного автомата *22*.

Управление автоматическим циклом работы по программе производится с пульта программного управления. На рис. 57, *а* показана панель управления пульта «Контур-5П». Включение питания пульта производится кнопкой *29*, его выключение — кнопкой *30*. Сигнальная лампа *32* показывает включение пульта. После установки перфорированной ленты в лентопротяжный механизм следует нажать на кнопку *31* «*Сброс*», пока не погаснет индикаторная лампочка *34* «*Сбой*».

Затем следует установить величину диаметра фрезы, которой должна производиться обработка, для этого служат переключатели *25*, *26*, *27* и *28*. Переключатель *28* служит для установки диаметра фрезы в миллиметрах, *27* — в десятках миллиметров, *26* — в десятых долях миллиметра и *25* — в сотых долях миллиметра. Диаметр фрезы набирается в десятичной системе с точностью до одной сотой миллиметра. Если в программе величина подачи не задана, то ее следует установить при наладке станка. Так, нажимая на кнопку *51*, устанавливают нужную величину подачи по индикатору *49*, на котором номер величины подачи высвечивается в двоично-десятичном коде слева направо. Лампы высвечивают соответственно числа 40, 20, 10, 4, 2, 1. Так, например, если нужно установить величину подачи, то, нажимая на кнопку *51*, следует добиться свечения лампочек-индикаторов с числами 40, 20, 4, 2 и 1. Это устройство служит также для введения коррекции на величину запрограммированной подачи. Если нужно увеличить рабочую подачу, то следует воспользоваться кнопкой *51*, для уменьшения подачи — кнопкой *50*. Система управления позволяет производить по одной программе обработку прямого и «зеркального» изделия. Выбор способа обработки производится по четырем квадрантам переключателем *46*, а сигнализация «*Квадрант установлен*» осуществляется лампочкой *45*. Если необходимо обрабатывать по одной программе пуансон и матрицу, то нужный режим выбирается переключателем *52* и контролируется сигнальной лампочкой *53*. После того как все исходные данные для обработки установлены, можно запустить станок в работу по программе, для чего следует нажать на кнопку *35* «*Пуск программы*». Технологический останов работы станка без потери информации возможен при помощи переключателя *37*, положение которого контролируется лампочкой *36*. Обработка прекращается при помощи переключателя *39*. Неисправная работа пульта управления, сбои в работе контролируются сигнальной лампочкой *38*. На нормальный режим обработки по программе указывает лампочка *43*. С пульта программного управления возможно также управление перемещением подвижных органов в ручном режиме. Перевод станка на ручное управление производится переключателем *41*, а сигнализирует об этом лампочка *40*. Направление перемещения выбирают переключателями *44* (координата X), *47* (координата Y) и *48* (координата Z).

Кроме того, на пульте имеется кнопка *42*, служащая для перемещения подвижных органов на один шаг по выбранной координате. О проведении на станке проверки программы управления сигнализирует лампочка *33*.

§ 9. ПРАВИЛА ОБСЛУЖИВАНИЯ, НАЛАДКИ И НАСТРОЙКИ ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ С ЧПУ

Срок службы станка, производительность и сохранение его первоначальной точности в большой степени зависят от внимательного и аккуратного ухода за станком и выполнения указаний по эксплуатации, смазке и обслуживанию. При эксплуатации станка следует соблюдать следующие основные правила обслуживания:

1. Перед пуском станка необходимо произвести внешний осмотр станка, особенно обратив при этом внимание на: а) состояние направляющих; б) правильность регулировки клиньев; в) состояние зажимов перемещающихся частей (все зажимы должны быть отжаты); г) перемещение узлов за квадраты ручных перемещений; д) установить, нет ли повреждения на пульте управления и других узлах станка.

2. Проверить систему смазки станка, убедиться в наличии масла во всех масляных резервуарах и в исправности насосов для смазки.

Включить насосы смазки и по соответствующим маслоуказателям проверить поступление масла к точкам смазки.

3. Включить гидростанцию станка для прогрева масла на 15—20 мин.

4. Проверить соответствие перемещений узлов положениям органов управления на пульте в наладочных режимах (от маховиков и кнопок), сначала нажимая кнопку замедленных подач, затем кнопку быстрых перемещений.

5. Проверить плавность перемещений узлов от переключателей и кнопок ручного управления на всех режимах.

6. Проверить лентопротяжный механизм пульта управления и установить ленту с программой.

7. Произвести опробование станка при работе в автоматическом режиме, для чего необходимо поставить переключатель выбора режима работы в положение «*Автоматический цикл*» и нажать кнопку «*Воспроизведение*» на пульте управления.

8. Для проверки готовности станка к работе по программе первый проход следует производить без обработки детали. В отдельных случаях перед каждой сменой может производиться контроль по специальной тест-программе.

9. Установить заготовку в приспособление и режущий инструмент в шпиндель станка.

10. Перед началом фрезерования нужно убедиться в том, что выступающие части приспособлений и обрабатываемых деталей не заденут за выступающие части станка.

11. Рекомендуется при установочных перемещениях отключать подачу узлов, не ожидая отключения от ограничительных конечных выключателей.

12. Установить требуемую скорость вращения шпинделя. Категорически запрещается переключать скорости шпинделя на ходу, так как возможна поломка шестерен. Переключение разрешается производить только после полной остановки шпинделя.

13. При переключении скоростей на кнопку «*Проворот*» (толчковая кнопка) следует нажимать только при упоре шестерен зуб в зуб (рукоятка переключения не проворачивается). При частом использовании кнопки «*Проворот*» возможно срабатывание тепловой защиты.

14. Зажим гильзы шпинделя в большинстве случаев можно производить одной рукояткой. При тяжелых режимах работы или

для получения высокой точности используют второй зажим — гаечным ключом.

15. Зажим стола нужно только использовать для неподвижной фиксации стола. Применять зажимы для выбора люфта в направляющих запрещается.

16. Зажим фрезерной бабки на направляющих производится только в случае работы столом и салазками (координаты X, Y).

17. Чтобы не было неравномерного износа ходовых винтов подачи стола и салазок, рекомендуется: а) по возможности использовать всю длину хода; б) менять участки работы по длине стола.

18. Выбрать направление вращения шпинделя.

19. Нажать на кнопку «*Подать напряжение*» или «*Общий пуск*».

20. Нажать на кнопку «*Шпиндель—пуск*».

21. Нажать на кнопку «*Воспроизведение*».

22. В случае остановки станка при работе в режиме «*Воспроизведение*» необходимо найти неисправность, устранить ее и только затем нажимать на кнопку «*Воспроизведение*».

23. После нажатия на общий «*Стоп*» для повторного запуска станка необходимо нажать на кнопку «*Подать напряжение*» («*Включить станок*») на пульте станка.

24. При переходе с режима «*Воспроизведение*» на ручную работу (от кнопок или маховиков) необходимо поставить переключатель режимов работы в соответствующее положение на пульте станка.

25. В случае работы в ручном режиме перед нажатием на кнопку «*Шпиндель—пуск*» необходимо: а) нажать кнопку «*Сброс*» на пульте управления; б) выбрать на пульте направление перемещения узла соответствующим переключателем и после этого нажатием соответствующих кнопок управлять перемещением узла.

26. В случае работы станка от маховиков ручного управления необходимо:

а) поставить переключатель режимов работы в соответствующее положение;

б) нажать кнопку «*Сброс*», затем, вращая за соответствующий маховик, перемещать узлы в желаемом направлении.

27. В случае обработки зеркально отображенной детали по одной и той же программе необходимо переключить переключатель на пульте «*Матрица—пуансон*» в противоположное положение.

28. Необходимо помнить, что при работе станка задается масштаб перемещения и поэтому величина радиуса фрезы, устанавливаемая на панели пульта программного управления, тоже дается в масштабе.

29. Запрещается производить смену инструмента до полной остановки шпинделя. Для выполнения вспомогательных операций шпиндель снабжен электрическим тормозом.

30. Запрещается счищать стружку во время обработки.

31. При работе рекомендуется ограждать зону обработки от летящей стружки специальным кожухом.

32. Категорически запрещается измерять обрабатываемое изделие вблизи вращающейся фрезы.

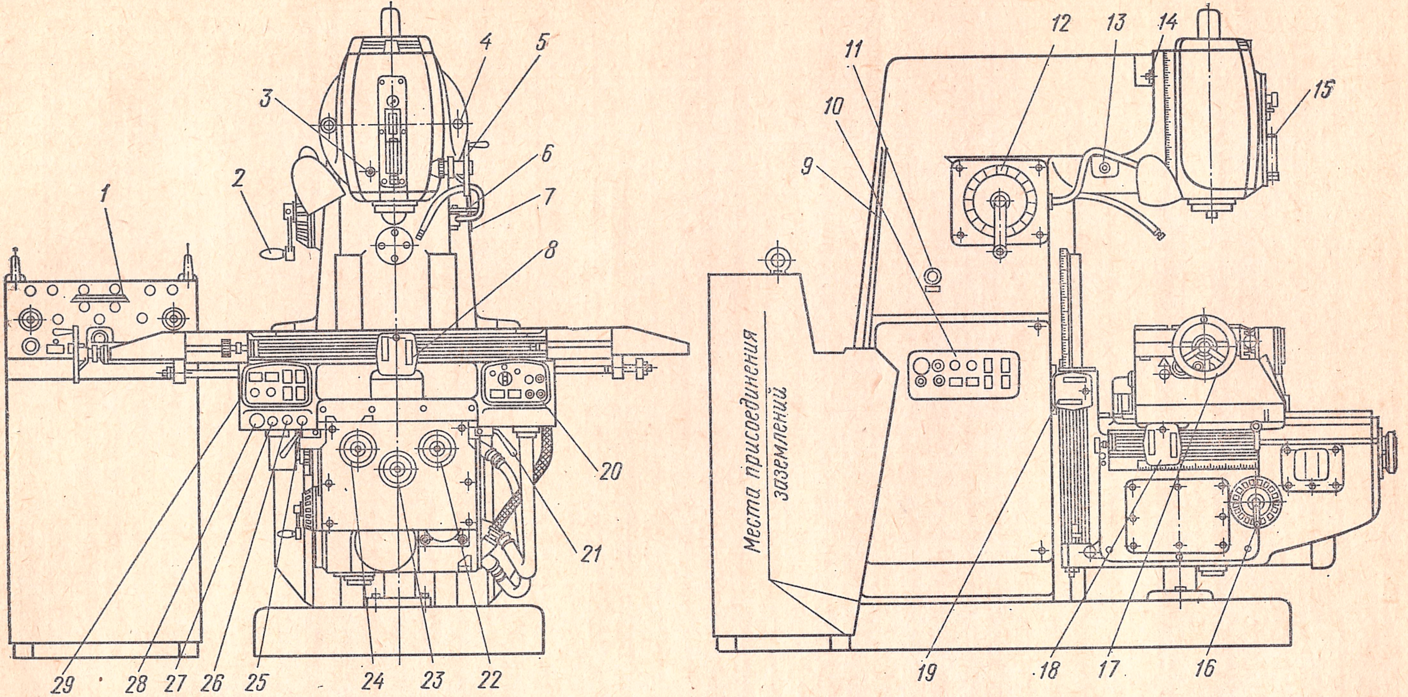


Рис. 58. Общий вид вертикально-фрезерного станка с цикловым программным управлением модели 6С12Ц:

1 — электрошкаф, *2* — рукоятка переключения скоростей, *3* — винт зажима пиноли, *4* — штифт, *5* — рукоятка перемещения пиноли, *6* — кран, *7* — крышка, *8* — блок путевых конечных выключателей «*Продольно*», *9* — задний щиток, *10* — пульт управления дублирующий, *11* — кнопка «*Толчок шпинделя*», *12* — лимб механизма переключения скоростей, *13* — винт поворота головки, *14* — гайка зажима головки, *15* — упор, *16* — рукоятка переключения подач, *17* — рукоятка продольного перемещения стола, *18* — блок путевых конечных выключателей «*Поперечно*», *19* — блок путевых конечных выключателей «*Вертикально*», *20* — пульт управления «*Правый*», *21* — рукоятка зажима салазок, *22* — лимб продольного перемещения, *23* — лимб вертикального перемещения, *24* — лимб поперечного перемещения, *25* — кнопка «*Замедленная подача*», *26* — кнопка «*Ускоренная подача*», *27* — кнопка «*Пуск шпинделя*», *28* — кнопка «*Общий стоп*», *29* — пульт управления «*Левый*»

Станки имеют широкий диапазон чисел оборотов шпинделя и подач, что позволяет производить обработку различных деталей на оптимальных режимах резания в зависимости от свойств обрабатываемого материала и режущего инструмента. Числа оборотов шпинделя изменяют с помощью рукояток. На пульте управления предусмотрены рабочие скорости подачи с $\varphi = 1,1$ и могут быть изменены вручную от кнопок «*Ускорение*», «*Замедление*». На ряде станков (654Ф3 и др.) предусмотрен масштаб скорости 1 : 2 или 1 : 4.

§ 10. ФРЕЗЕРНЫЕ СТАНКИ С ЦИКЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Вертикально-фрезерный станок модели 6С12Ц (рис. 58) создан на базе консольного вертикально-фрезерного станка модели 6С12. Система программного управления дает возможность осуществить на станке в любой последовательности прямолинейные перемещения стола в трех прямоугольных координатах в пределах 24 переходов.

Введение в привод подач узла замедления подачи, сводящего до минимума инерционные перебеги стола и обеспечивающего высокую стабильность размеров при повторении циклов, повышает точность фрезерования. На станке предусмотрен автоматический отвод детали от инструмента при ускоренных ходах стола и возврат его в исходное положение при переходе на рабочую подачу, что предохраняет обработанную поверхность от повреждений инструментами и сокращает время обработки. Наличие на станке поворотной фрезерной бабки и возможность осевого перемещения шпинделя позволяет производить фрезерование под различными углами.

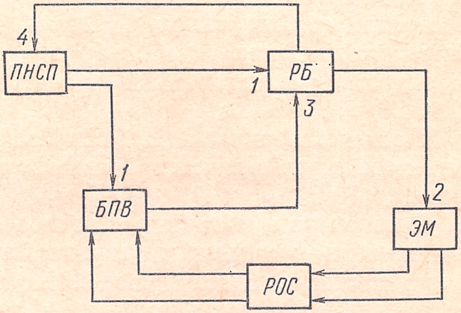


Рис. 59. Структурная схема программного управления станком

Применяемая на станке система программного управления — цикловая, кулачковая.

Структурная схема программного управления станком приведена на рис. 59: ПНСП — пульт набора и считывания программы; *БПВ* — блок путевых выключателей упоров; *РБ* — релейный блок; *ЭМ* — электромагнитная муфта; *РОС* — рабочий орган станка (стол, салазка, консоль); электрическая связь; механическая связь.

Пульт набора и считывания программы выдает команду *1* в релейный блок и блок путевых выключателей.

Релейный блок дает команду *2* на включение электромагнитных муфт, при помощи которых задается движение рабочему органу станка. Кулачки, расположенные в пазах специальных планок, при движении рабочих органов станка «наезжают» на заданный пультом набора и считывания программы упор блока путевых выключателей.

Упор *БПВ* выдает в релейный блок команду *3* — окончания перехода, а релейный блок выдает команду *4 ПНСП* — поворот барабана на следующий переход.

Система программного управления станком состоит из следующих устройств:

1) программоносителя — барабана с 24 отверстиями вдоль образующей. Количество рядов по окружности — 25; емкость программы — 24 перехода;

2) устройства ввода программы;

3) считывающего устройства, состоящего из ряда микропереключателей, расположенных над барабаном;

4) преобразующего устройства (релейный блок);

5) привода исполнительных органов станка (электромагнитных муфт);

6) устройств, ограничивающих величины перемещений рабочих органов станка (блоки путевых выключателей).

Количество переходов задается штекерами, установленными в отверстия по окружности барабана. Количество команд в переходе (направление, вид подачи, номер упора-переключателя) задается штекерами, установленными в отверстия вдоль образующей барабана.

Последовательность переключения при выполнении каждого перехода осуществляется блоком путевых выключателей и блоком реле.

Величину перемещения исполнительных органов станка по всем направлениям задают и регулируют кулачками, установленными в пазах специальных планок. Работой станка управляет периодически поворачивающийся барабан, на котором установлены штекеры, воздействующие на микропереключатели.

Техническая характеристика станка

Размер рабочей площади стола, мм:	
длина	1250
ширина	320
Наибольшее перемещение стола, мм:	
продольное	950
поперечное	300
вертикальное	410
Ход пиноли фрезерной бабки, мм	80
Наибольшее расстояние от торца шпинделя до поверхности стола, мм	460
Число оборотов шпинделя, мин	31,5—1600
Число ступеней скоростей шпинделя	18
Мощность электродвигателя главного движения, кВт	5,5
Диапазон рабочих подач, мм/мин:	
продольных (*X*)	20—1000
поперечных (*Y*)	20—1000
вертикальных (*Z*)	8—400

Ускоренные подачи, мм/мин:	
продольная	2500
поперечная	2500
вертикальная	1600
Замедленные подачи, мм/мин:	
продольная	16
поперечная	16
вертикальная	6,4
Число рабочих подач	18
Мощность электродвигателя подач, кВт	1,5
Наибольшее усилие, допускаемое механизмами подач по координатам *X*, *Y*, *Z* соответственно, кГ	1400, 410, 740

Основой станка является массивная, отлитая из чугуна станина, внутри которой смонтированы коробка скоростей, управление коробкой скоростей, силовое электрооборудование. Поворотная фрезерная бабка, в которой размещен шпиндель станка, прикреплена к горловине станины.

Станина станка укреплена на основании, внутренняя полость которого используется как резервуар для охлаждающей жидкости.

По вертикальным направляющим станины перемещается консоль, несущая на верхней своей части салазки со столом. В консоли размещены привод подачи станка и механизм управления. На консоли, столе и салазках размещены органы управления станком и устройства его наладки для работы в автоматическом цикле.

Элементы программного управления размещены в пульте, стоящем возле станка.

Кинематическая схема станка приведена на рис. 60. Привод главного движения осуществляется от асинхронного электродвигателя *14* через ременную передачу, ведомый шкив *12* которой расположен на валу *I* коробки скоростей. На этом же валу расположен подвижной блок *11*, состоящий из трех зубчатых колес. При перемещении блока *11* вдоль вала *I* его зубчатые венцы входят в зацепление с зубчатыми колесами *10*, *9* и *7* вала *II*, благодаря чему вал *II* может вращаться с тремя различными скоростями. С вала *II* вращение передается на вал *III*, на котором имеются два подвижных блока *8* и *5*, причем блок *8* состоит из трех зубчатых колес, а блок *5* — из двух. Переключение блока *8* дает возможность иметь на валу *III* девять различных скоростей вращения. Зубчатые колеса блока *5*, последовательно сцепляясь с зубчатыми венцами блока *6*, неподвижно сидящего на валу *IV*, дают возможность получить 18 различных скоростей вращения вала *IV*. От вала *IV* через конические зубчатые колеса *2—3* и цилиндрические колеса *1—4* вращение передается на шпиндель станка *VI*.

Привод подачи имеет более сложную кинематическую схему, так как должен обеспечить три различных подачи: рабочую подачу, ускоренное перемещение, замедленную подачу.

Привод подачи осуществляется от асинхронного электродвигателя *38*, от которого через зубчатые колеса вращение передается на вал *I* коробки подач, от которого движение к подвижным органам станка может передаваться по трем различным кинематическим цепям. Рассмотрим эти цепи.

Рабочая подача осуществляется от вала *I* через зубчатые колеса *29—28* на вал *II*, на котором находится блок *27*, состоящий из трех зубчатых колес. Зубчатые венцы блока *27* последовательно

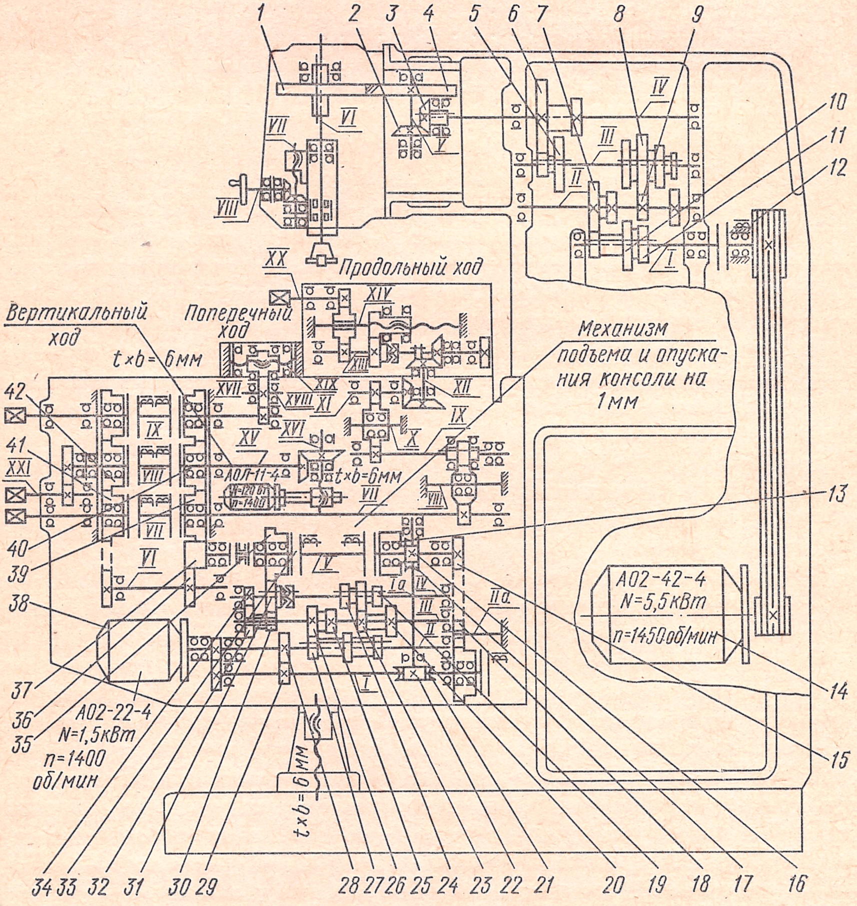

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X
XI
XII
XIII
XIV
XV
XVI
XVII
XVIII
XIX
XX
XXI
Ia
IIa
Продольный ход
Вертикальный ход
Поперечный ход
t×b=6мм
t×b=6мм
t×b=6мм
Механизм подъема и опускания консоли на 1мм
АОЛ-11-4
N=120 Вт
n=1400
А02-42-4
N=5,5кВт
n=1450об/мин
А02-22-4
N=1,5кВт
n=1400 об/мин

Рис. 60. Кинематическая схема станка

сцепляются с зубчатыми колесами *26—23—20*, неподвижно закрепленными на валу *III*, таким образом, вал *III* может вращаться с тремя различными скоростями. С зубчатыми колесами *23—20—25* могут сцепляться зубчатые венцы блока *24* из трех зубчатых колес, находящегося на валу *IV*, сообщая ему девять различных скоростей вращения. С вала *IV* вращение может передаваться на вал *V* через зубчатые колеса *31—35*, если зубчатая муфта *30* включена, или через перебор (зубчатые колеса *34* — блок *32—31—35*), если зубчатая муфта *30* расцеплена. Таким образом, вал *V* получает 18 различных скоростей вращения. Рабочие подачи с вала *V* передаются на входной вал распределительной коробки консоли *VI* только лишь при включенной электромагнитной муфте *33*.

Ускоренное перемещение передается с вала *I* на вал *VI* при включенной электромагнитной муфте *19* через зубчатые колеса *18—15*.

Замедленная подача передается на вал *VI* с вала *I* через две червячные передачи *22—21* и *16—17* при включенной электромагнитной муфте *13*.

С вала *VI* движение передается на распределительную коробку консоли через зубчатые колеса *37—39* (прямое вращение) или через зубчатые колеса *37—36—41* (обратное вращение в связи с наличием промежуточного зубчатого колеса *40*).

В распределительной коробке находятся шесть электромагнитных муфт по две на каждом из трех валов *VII*, *VIII*, *IX*, передающих прямое и обратное вращение валам.

От вала *VII* передается вращение через систему зубчатых колес на винт продольного хода, от вала *VIII* — на винт вертикального перемещения и от вала *IX* — на винт поперечной подачи.

В консоли также находится электродвигатель *42*, который приводит в действие маслонасос механизма подъема и опускания консоли.

Коробка скоростей размещена внутри станины, представляющей собой чугунную жесткую отливку коробчатой формы, от которой 18 различных скоростей вращения передаются к поворотной фрезерной бабке.

Поворотная фрезерная бабка (рис. 61) представляет собой фасонную чугунную отливку, в которой смонтированы: подвижная пиноль *1*, шпиндель *2* и промежуточный вал *3* с зубчатыми колесами *6* и *7*. Привод на промежуточный вал осуществляется коническими зубчатыми колесами *4* и *5* от коробки скоростей станка. Шпиндель — разгруженный. Осевые и радиальные нагрузки, возникающие на зубчатом колесе *7*, воспринимаются непосредственно корпусом через подшипники. Механизм перемещения пиноли состоит из кронштейна *9* с гайкой, жестко закрепленных на пиноли и винта *8*, передающего вращение через пару конических зубчатых колес *10* при повороте маховичка.

При перемещении пиноли необходимо отпустить зажимной винт, расположенный на передней стороне фрезерной бабки. Фрезерная бабка поворачивается при помощи червячной передачи, вмонтированной во фланце станины.

Опускание пиноли для получения точного размера при фрезеровании можно контролировать индикатором *11*, установленным в кронштейне *9* и жестко связанным с пинолью. Регулировка при установке требуемой глубины фрезерования может производиться установочным винтом *12*, на нижнем конце которого закреплен маховичок с лимбом *13*.

Консоль (рис. 62) представляет собой чугунный корпус *1* с прямоугольными направляющими для перемещения по станине и перпендикулярными им направляющими под салазки. По бокам и сверху консоли имеются окна, через которые осуществляется регулировка электромагнитных муфт. С правой стороны консоли расположено окно с крышкой 2 для монтажа механизма опускания и подъема консоли. На передней плоскости консоли имеется крышка 3, закрывающая распределительную коробку с тремя лимбами подач: продольной 4, поперечной 7 и вертикальной 5.

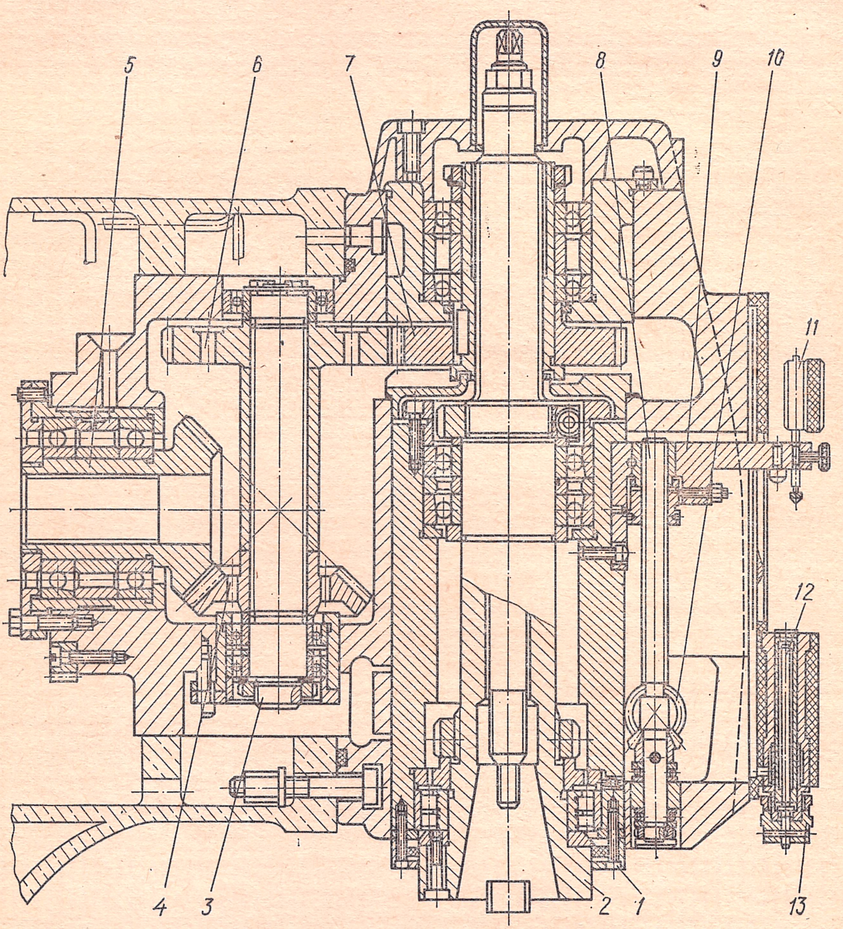


Рис. 61. Фрезерная бабка станка

Внутри консоли расположены три горизонтальных вала: с двумя электромагнитными муфтами 8 и 11 продольного хода стола 12, вертикального перемещения консоли 9 и поперечного хода салазок 10. На концах валов имеются кулачки для передачи вращения от рукояток. Каждый вал имеет электрическую блокировку 6, которая не позволяет включить механическую подачу при вставленной рукоятке.

Стол станка *1* (рис. 63) перемещается в направляющих салазок *2*. При тяжелом силовом режиме на продольной подаче жесткость салазок может быть увеличена при зажиме салазок на консоли рукоятками *8*. Ограничительные кулачки продольного хода *3* и *6* предназначены для автоматического выключения продольной подачи и продольного быстрого хода.

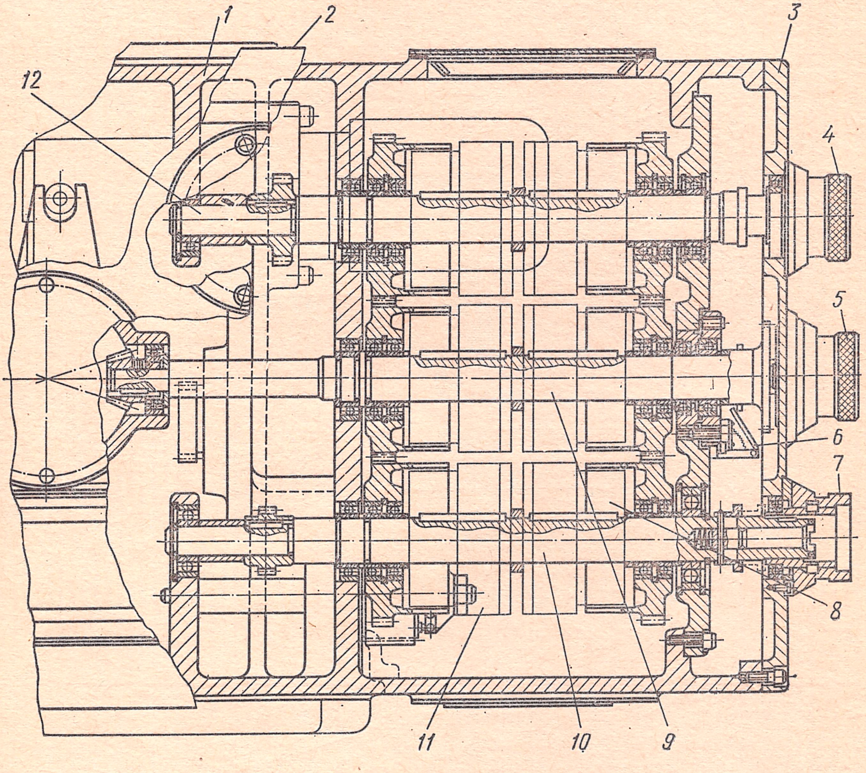


Рис. 62. Поперечный разрез консоли

Перемещение кулачков ограничивается винтами *7* и *9*. Работать на станке без ограничительных винтов *запрещается*. Винты *4* и *5* предназначены для выбора люфта в направляющих стола при тяжелых режимах фрезерования.

Пульт набора и считывания программы (рис. 64) выполнен в виде барабана *1*, приводимого во вращение от электродвигателя *2* через муфту *3*.

Барабан *1* представляет собой пустотелую трубу с 24 рядами отверстий по образующей. Каждый ряд имеет 22 отверстия, в которые при наборе программы вставляются пластмассовые штекеры *6*. В каждом ряду отверстий барабана расположен на регулируемой планке *4* микропереключатель *7*. Вставленные в отверстия бара-

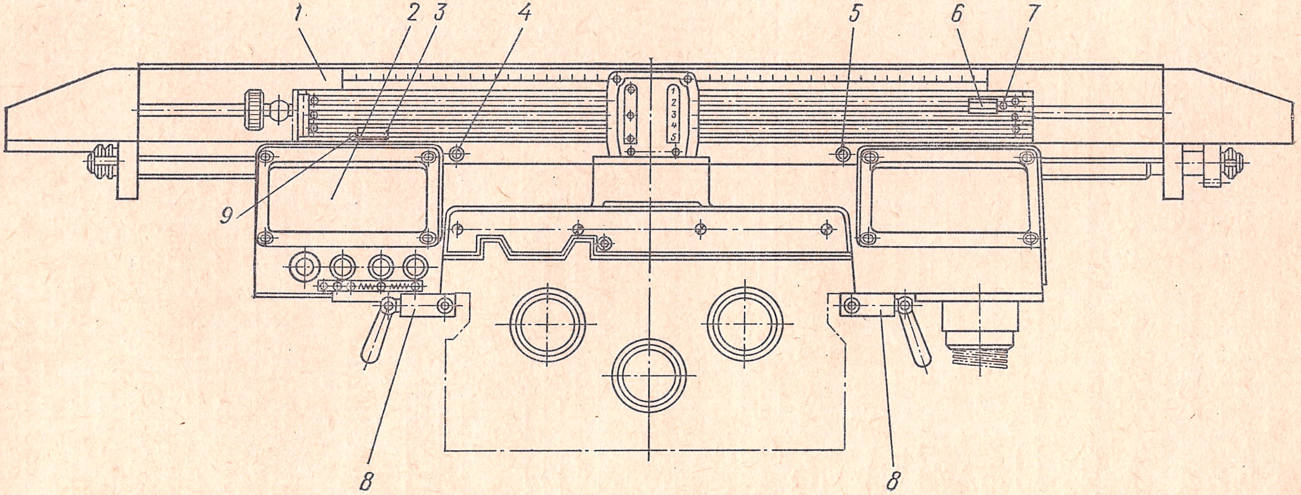

1
2
3
4
5
6
7
8
8
9
1 2 3 4 5

Рис. 63. Стол и салазки стола

бана штекеры воздействуют на микропереключатели и тем самым включают цепь соответствующих реле.

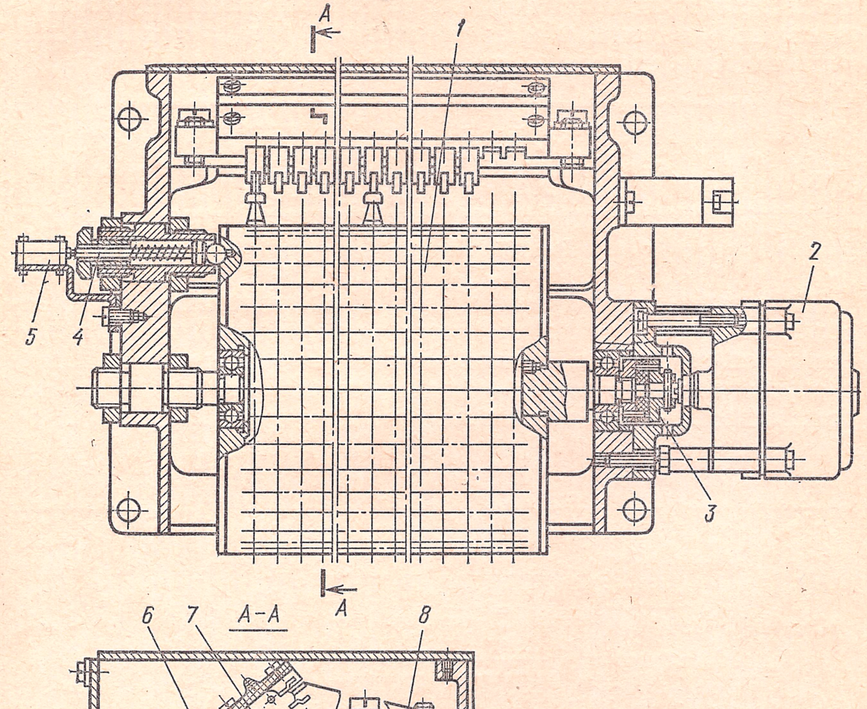


Рис. 64. Пульт набора и считывания программы

Спереди барабана крепят панель (рис. 65) с указанием назначения каждого ряда отверстий.

Нулевой ряд — регулируемое нулевое положение барабана. Если емкость программы небольшая (5—10 переходов, а допускается 24), можно задать на барабане одну и ту же программу несколько раз, чтобы исключить холостые пробеги барабана. Для этого необходимо за последним переходом вставить штекер в отверстие стопового ряда, затем в отверстие нулевого ряда, а со следующего ряда задавать повторение программы и т. д.

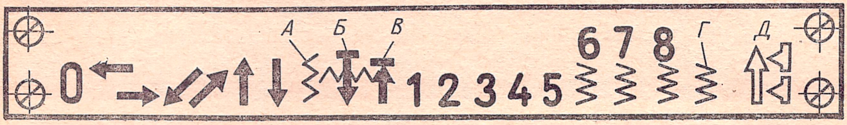


Рис. 65. Панель барабана

Следующие после нулевого ряда шесть рядов отверстий определяют направление движения стола: влево, вправо, от себя, к себе, вверх, вниз: *А* — ускоренная подача; *Б* — ускоренная подача с опусканием консоли; *В* — стоп и возврат барабана в нулевое положение; *Г* — замедленная подача; *Д* — пропуск кулачка.

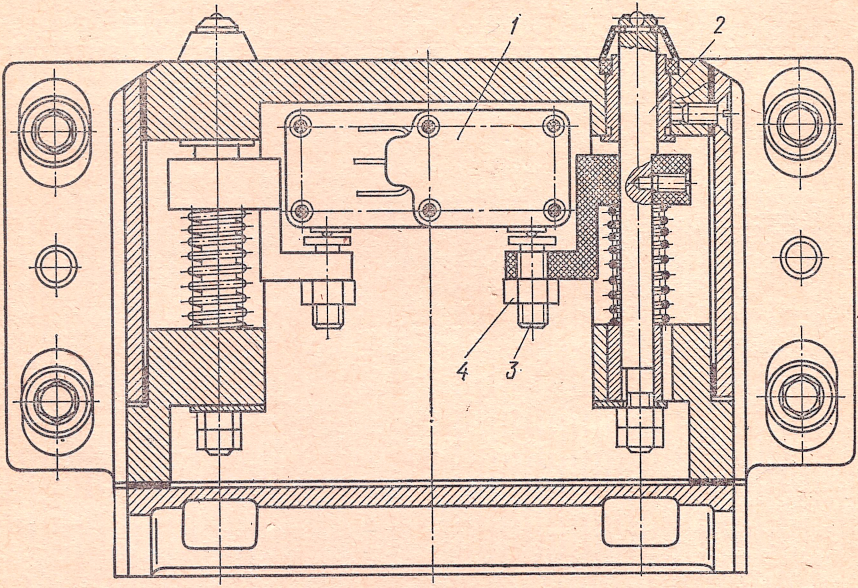


Рис. 66. Блок путевых конечных выключателей

На левом и правом концах барабана нанесены цифры от 0 до 24. Левый ряд цифр служит для указания настраиваемого этапа программы, а правый сигнализирует об этапе программы, на котором работает станок в данный момент.

В левой части барабана (см. рис. 64) находятся механизм *5* с микропереключателем *7*, при помощи которого происходит поворот барабана на один шаг, и пружинный фиксатор *8* точной установки барабана.

Блок путевых конечных выключателей (рис. 66) представляет собой герметически закрытый корпус, внутри которого вмонтированы 10 микропереключателей. Каждый микропереключатель имеет свое обозначение, которое нанесено на крышке блока (рис. 67):

1, *2*, *3*, *4*, *5* — упоры для настройки программы;

10, *8*, *6* — упоры для замедленной подачи или для настройки программы;

9, *7* — упоры для конечных стоповых кулачков.

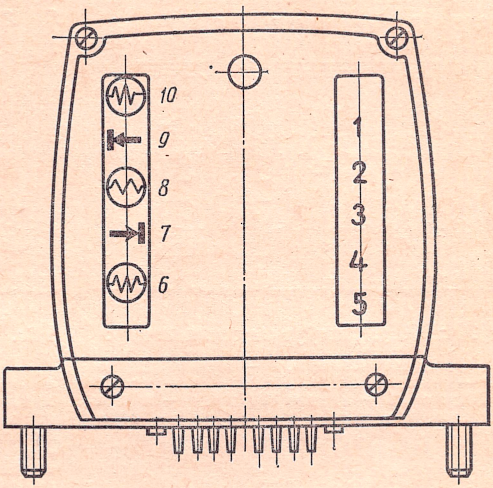

10
9
8
7
6
1
2
3
4
5

Рис. 67. Крышка блока путевых конечных выключателей

Подвижные упоры *2* (см. рис. 66) отрегулированы гайками *3*, винтами *4*, таким образом, что дают одинаковые показания по нониусу при срабатывании от кулачков, установленных в любом из пяти пазов планок заподлицо с нулевой линией.

Микропереключатели обеспечивают надежную и точную работу, так как при срабатывании они полностью разгружены.

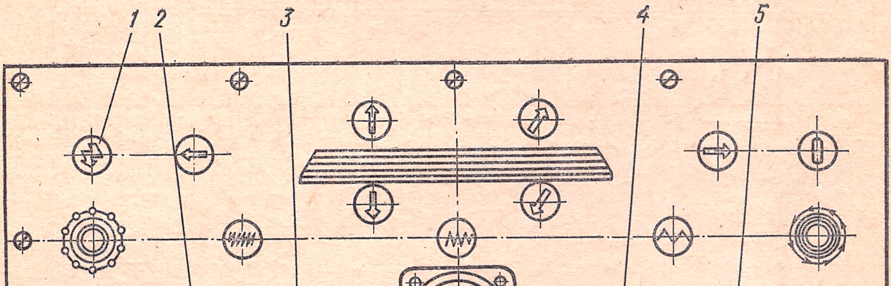

1
2
3
4
5
откл
Вкл
откл
Вкл
Отключение автоматики барабана
Выбор люфта
откл
Вкл
откл
Вкл
Опускание консоли
Отключение муфт

Рис. 68. Пульт электрошкафа станка:

1 — световое табло, *2* — переключатель автоматики барабана, *3* — переключатель механизма выбора люфта, *4* — переключатель механизма опускания и подъема консолей, *5* — переключатель для включения и отключения электромагнитных муфт

На станке установлены блоки продольного, поперечного и вертикального хода. С лицевой стороны блоков, на крышках, вмонтированы световые табло, сигнализирующие о срабатывании микровыключателей при нажатии упоров кулачками.

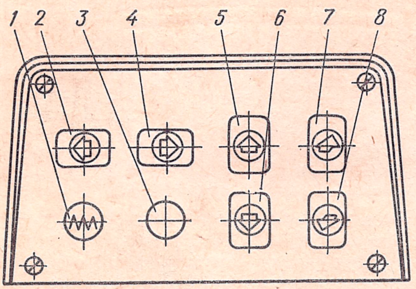


Рис. 69. Пульт управления левый:

1 — кнопка «*Подача*», *2* — кнопка «*Влево*», *3* — кнопка «*Стоп подача*», *4* — кнопка «*Вправо*», *5* — кнопка «*Вверх*», *6* — кнопка «*Вниз*», *7* — кнопка «*От себя*», *8* — кнопка «*К себе*»

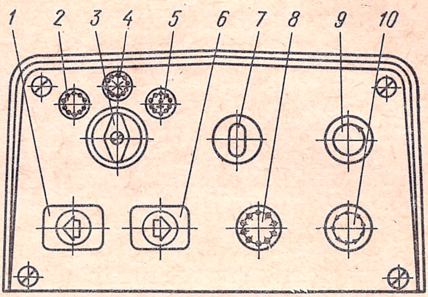


Рис. 70. Пульт управления правый:

1 — кнопка «*Влево*», *2* — символ «*Работа по программе*», *3* — переключатель управления, *4* — символ «*Неавтоматическое управление*», *5* — символ «*Настройка программы*», *6* — кнопка «*Вправо*», *7* — табло «*0-е положение барабана*», *8* — кнопка «*Работа по программе*», *9* — кнопка «*Возврат барабана в 0-е положение*», *10* — кнопка «*Поворот барабана на шаг*»

Управление станком производится с трех пультов, один из которых (рис. 68) находится на электрошкафу и два, левый (рис. 69) и правый (рис. 70), — на салазках станка. Иногда с левой стороны станины устанавливают четвертый (дублирующий) пульт (рис. 71).

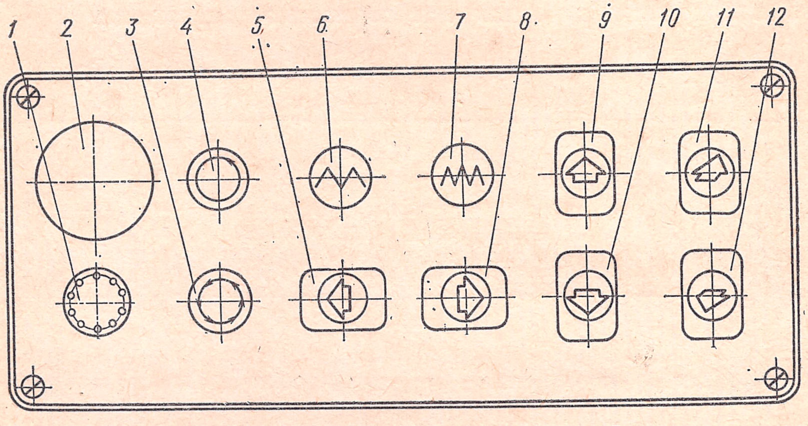


Рис. 71. Пульт управления дублирующий:

1 — кнопка «*Работа по программе*», *2* — кнопка «*Общий стоп*», *3* — кнопка «*Поворот барабана на шаг*», *4* — кнопка «*Возврат барабана в 0-е положение*», *5* — кнопка «*Влево*», *6* — кнопка «*Ускоренная подача*», *7* — кнопка «*Подача*», *8* — кнопка «*Вправо*», *9* — кнопка «*Вверх*», *10* — кнопка «*Вниз*», *11* — кнопка «*От себя*», *12* — кнопка «*К себе*»

Переключатель выбора режимов работы расположен на правом пульте и имеет три положения (см. рис. 70).

В режиме «*Неавтоматическое управление*» включение подач и вращение шпинделя осуществляется нажатием кнопок «*Подача*» и «*Пуск шпинделя*».

Нажатием соответствующих кнопок задают направление движения и ускоренный и замедленный ход.

В режиме «*Настройка программы*» настраивают станок для работы по программе.

В режиме «*Работа по программе*» станок работает по заданной программе.

Подготовка к настройке станка на обработку деталей по программе

Процесс настройки станка на обработку деталей по программе требует определенной подготовки, заключающейся в составлении технологической карты настройки станка и операционных эскизов с указанием размеров, получаемых после обработки деталей по программе и мест обработки.

В технологическую карту настройки станка (рис. 72) входят: 1) развертка барабана со схематически расставленными штекерами; 2) эскиз детали и схема движения стола с указанием номеров переходов и мест обработки (при необходимости делается несколько проекций или аксонометрия); 3) схематическое расположение кулачков на планках «*Продольно*», «*Поперечно*» и «*Вертикально*» с указанием координат относительно нулевых линий; 4) режим обработки; 5) режущий инструмент; 6) сведения о приспособлении; 7) размер заготовки и ее базы; 8) координаты X, Y, Z начального положения стола по нониусам; 9) начальное положение центра фрезы относительно баз заготовки; 10) положение приспособления на столе; 11) длительность цикла обработки.

Схема развертки барабана. На планке развертки барабана (рис. 72) схематически расставляют штекеры согласно схеме движения стола и расстановки кулачков.

Эскиз детали и схема движения стола. Обрабатываемую деталь (рис. 73) вычерчивают в приемлемом масштабе и требуемом количестве проекций. Выбирают и наносят на чертеж наиболее рациональный маршрут обработки с условным обозначением вида подач (рабочая подача, ускоренная, замедленная). Для этого обрабатываемые места условно обходят фрезой. Конец каждого перехода обозначают точкой или небольшой окружностью, ставят стрелку, указывающую направление движения стола, наносят порядковые номера переходов.

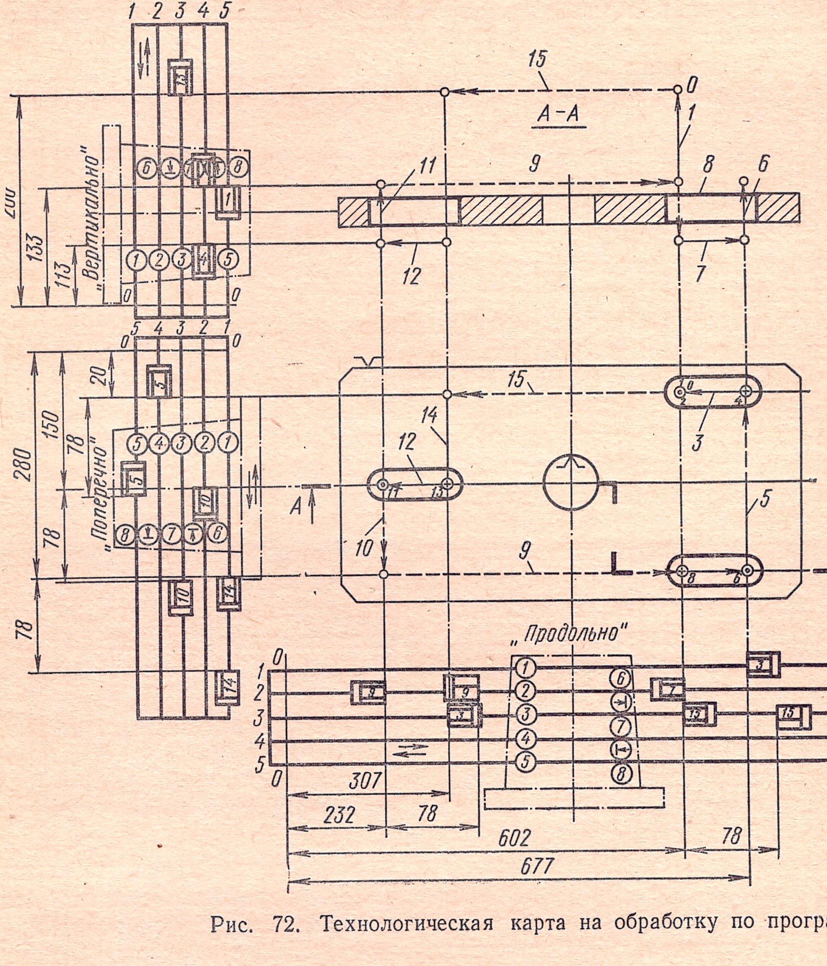
Таким образом, можно наглядно проследить путь стола и определить количество переходов.

Выбор номеров упоров и расстановка кулачков на планках. При выборе упоров и расстановке кулачков нужно руководствоваться следующим:

1. Для ограничения любых движений стола применять номера упоров *1*, *2*, *3*, *4*, *5*, *6*, *7*, *8* по выбору в любой последовательности.

2. Блоки путевых выключателей «*Продольно*», «*Поперечно*» и «*Вертикально*» независимы один от другого.

3. Каждому номеру упора блока путевых выключателей соответствует номер паза планки, кроме *6*, *7*, *8*.



1 2 3 4 5
„Вертикально"
„Поперечно"
„Продольно"
А–А
А
15
0
1
11
9
8
6
12
7
14
10
3
5
13
2
4
200
133
113
20
150
78
280
307
232
602
677

Рис. 72. Технологическая карта на обработку по програм

4. Остановка любого движения стола происходит при наезжании кулачка на заданный упор.

5. Кулачки делятся на основные (программные), служащие для ограничения движений стола, и кулачки замедления, при помощи которых замедляется подача в конце перехода.

6. Упоры *6*, *7* и *8* в блоке путевых выключателей используют как для ограничения движений стола, так и для включения замедленной подачи. При использовании этих упоров на пульте набора и считывания программы кроме штекера выбранного упора (*6*, *7* или *8*)

необходимо вставить штекер в отверстие в ряду со знаком «*Замедление*».

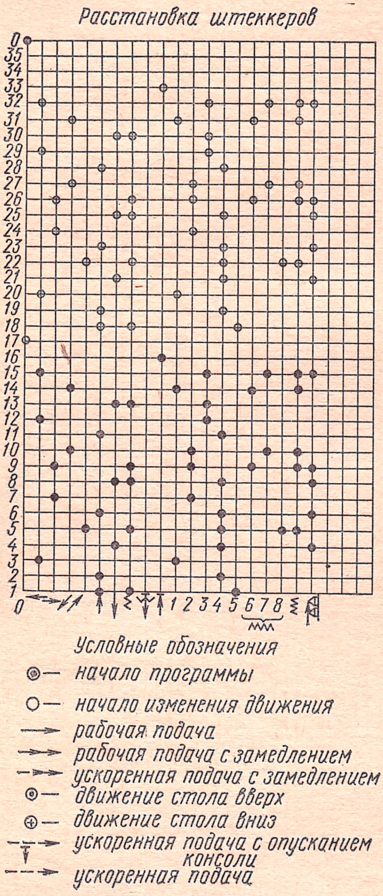
7. При введении в конце перехода замедленной подачи ставят основной (программный) кулачок и кулачок замедления. Перемещение кулачка регулирует время замедления, которое должно быть не более 8 с.

8. Кулачки в пазах планок расставляют так, чтобы наезжание кулачка на упор или наоборот происходило стороной, противоположной зажимному винту (базовый торец).

Составляют таблицу с данными о режимах обработки и режущем инструменте. В таблицу заносят номер, тип приспособления с координатами его положения на столе, а также координаты X, Y, Z и начального положения стола по нониусам. При вычерчивании отдельных эскизов с указанием размеров, получаемых после обработки деталей по программе, указывают начальное положение центра фрезы относительно баз заготовки.

9. Если в одном пазу находится кулачок, которым не должен ограничиваться переход, то на *ПНСП* в ряду под знаком «*Пропуск кулачка*» ставят штекер. В результате этого упор в *БПВ* от этого кулачка не работает.

Согласно эскизу детали со схемой движения стола, где указаны координаты окончания переходов, на планках схематически наносят кулачки с указанием координат относительно нулевых линий.


Расстановка штеккеров
0
35
34
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
1 2 3 4 5 6 7 8
Условные обозначения
◉— начало программы
○— начало изменения движения
⟶ рабочая подача
⟶ рабочая подача с замедлением
⟶ ускоренная подача с замедлением
◉— движение стола вверх
⊕— движение стола вниз
⟶ ускоренная подача с опусканием консоли
⟶ ускоренная подача

ме детали на станке

При всех движениях стола размер до кулачков, ограничивающих перемещение стола, отсчитывают от нулевой линии до базовых торцов, а размер до кулачков замедления — от базового торца программного кулачка до базового торца кулачка замедления, участвующего в этом же переходе.

При нанесении координат необходимы данные о перебегах стола в зависимости от величины подач. Зная величину перебегов, уточняют размеры координат окончания переходов согласно эскизу детали.

Величины перебегов определяют для каждого рабочего органа, для каждой подачи станка.

Настройка станка на обработку деталей по программе

Настройку станка на обработку деталей по программе делят на предварительную и окончательную.

Предварительная настройка станка на обработку деталей по программе состоит из следующих этапов:

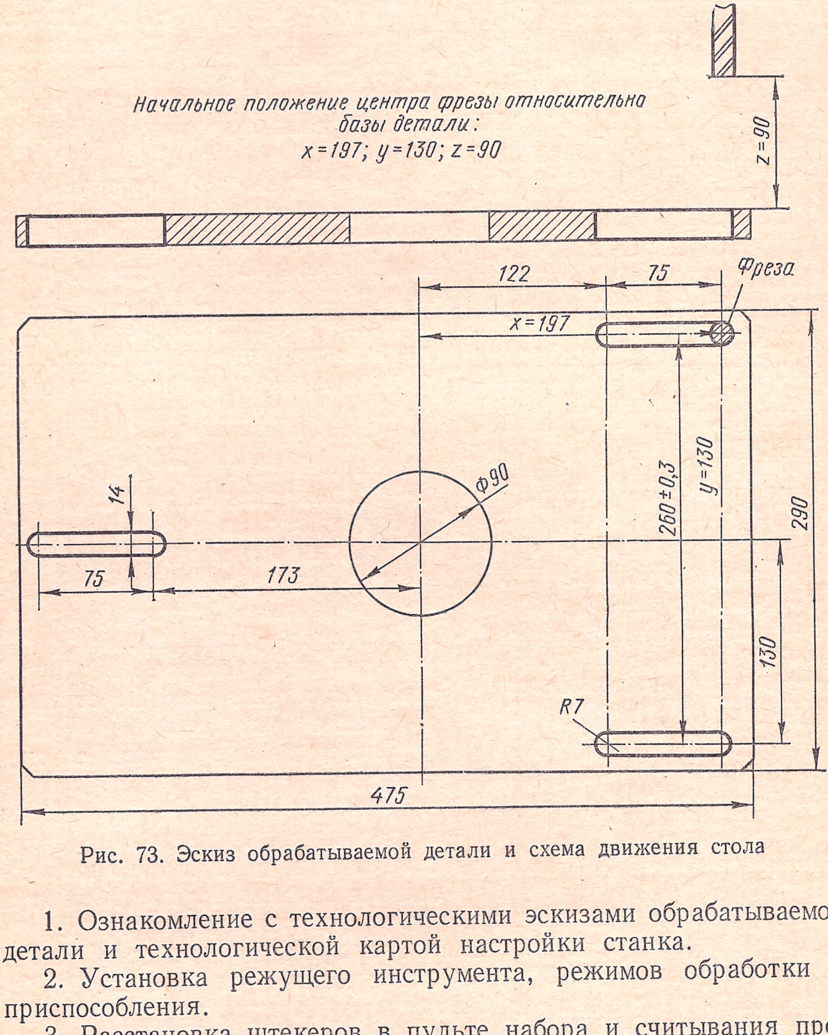

Начальное положение центра фрезы относительно базы детали:
x=197; y=130; z=90
z=90
122
75
Фреза
x=197
260±0,3
y=130
290
Ф90
14
75
173
130
R7
475

Рис. 73. Эскиз обрабатываемой детали и схема движения стола

1. Ознакомление с технологическими эскизами обрабатываемой детали и технологической картой настройки станка.

2. Установка режущего инструмента, режимов обработки и приспособления.

3. Расстановка штекеров в пульте набора и считывания программы согласно схеме развертки барабана.

4. При проверке установки штекеров необходимо переключатель управления поставить в положение «*Настройка программы*», нажатием кнопки «*Возврат барабана в нулевое положение*» барабан пульта набора и считывания программы *ПНСП* устанавливают

в положение *0*, выключателем «*Отключение электромагнитных муфт*» — в положение «*Выкл.*».

Нажатием кнопки «*Пуск работы станка по программе*» или «*Программа*» включают станок, и барабан переходит в положение *А*.

На табло сигнализирующего пульта светится стрелка, указывающая заданное в первом переходе направление движения стола и салазок. Нажатием кнопки «*Поворот барабана на шаг*» барабан переводится в положение *2*.

Нажатием кнопки «*Пуск работы станка*» снова выключают станок и процесс повторяется. Таким образом проверяют все переходы, входящие в цикл программы.

5. Расстановка кулачков согласно схематическому расположению кулачков на планках.

6. Проверка работы станка по переходам без постановки детали.

Стол устанавливают в исходное положение (согласно данным таблицы по X, Y, Z), переключатель управления режимов — в положение «*Настройка программы*», барабан *ПНСП* — в положение *0*, переключатель электромагнитных муфт — в положение «*Вкл.*».

При нажатии кнопки «*Пуск работы по программе*» выполняется первый переход, затем барабан поворачивается на один шаг кнопкой «*Поворот барабана на шаг*» и снова нажимается кнопка «*Программа*». Таким образом проверяют все переходы и срабатывание упоров в блоке путевых выключателей.

7. Проверка станка в автоматическом цикле.

Переключатель управления режимов работы устанавливают в положение «*Работа по программе*», стол и барабан — в исходные положения. Нажатием кнопки «*Пуск*» станок выполняет все движения, согласно карте настройки, автоматически. По окончании цикла все движения прекращаются, а барабан автоматически возвращается в исходное положение. Электросхема станка готова к повторному циклу.

Окончательная настройка станка на обработку деталей по программе. Порядок настройки

В приспособление устанавливают деталь или заготовку (переключатель режимов в положении «*Настройка программы*»). Настройку ведут по предварительно обработанной детали или по размеченной заготовке.

На пульте набора и считывания программы барабан ставится в первый переход, стол с деталью подводится к фрезе до касания детали. На блоке путевых переключателей должны светиться лампочки, сигнализирующие замыкание упора. Легким постукиванием по кулачку в сторону, противоположную направлению движения стола в данном переходе, отвести кулачок до момента потухания лампочки на *БПВ*. Снова легким постукиванием вернуть кулачок на прежнее место до момента зажигания лампочки на *БПВ*. Тщательно зажать кулачок в пазу.

Заметить по лимбу или индикатору координату, при которой произошло касание детали (или риски заготовки) фрезой. Отвести стол в сторону, противоположную движению в переходе. Нажатием кнопки «*Программа*» включить станок. При этом выполняется данный переход. Чередование переходов контролируют по лимбу или индикатору. Аналогичные операции необходимо производить для каждого перехода последовательно.

Для получения размеров с допуском ± 0,05 мм в конце перехода необходимо вводить замедленную подачу, которая сводит до минимума инерционные перебеги. Переключение рабочей или ускоренной подачи на замедленную осуществляется наезжанием кулачка замедления на один из трех (*6, 7* или *8*) упоров. В момент наезжания программного кулачка на упор замедленная подача прекращается, барабан автоматически поворачивается в следующий переход.

После настройки станка по переходам в приспособление ставится новая заготовка, переключатель режимов ставится в положение «*Работа по программе*», стол и барабан — в исходную позицию. Нажатием кнопки «*Программа*» включается станок и заготовка обрабатывается по программе. Полученную деталь обмеряют. В случае необходимости производят дополнительную корректировку размеров смещением кулачков.

Если обработанная деталь соответствует размерам, указанным на эскизах, настройка станка считается законченной и можно приступать к обработке серии деталей.

По результатам последней коррекции производится коррекция технологической карты настройки. Особое внимание необходимо обратить на размеры до базовых торцов кулачков относительно нулевых линий.

Рассмотрим способы настройки станка на обработку детали по программе.

Настройка программы с помощью съемных планок. Первичную настройку станка для работы по программе, а именно расстановку кулачков на планках, производят согласно технологической карте настройки при помощи масштабной линейки или непосредственно по переходам, касаясь фрезой детали в местах обработки. Чтобы сохранить настройку, планки при необходимости могут быть сняты и на станок устанавливают другой комплект планок с заранее расставленными кулачками. Это значительно снижает время настройки станка при повторении обработки ранее обрабатывавшейся партии деталей.

Настройка программы с помощью шаблонов и перфокарт. Для удобства и сокращения времени настройки изготовляют перфокарту для расстановки штекеров, которая представляет собой лист бумаги или тонкий картон с нанесенной сеткой, соответствующей развертке барабана. В местах установки штекеров окружности заштриховывают, а перед расстановкой штекеров перфокарту накладывают на барабан и прокалывают отверстия согласно карте настройки и заштрихованным отверстиям на сетке. Изготовляют шаблоны для расстановки кулачков по планке с расставленными кулачками. Для изготовления шаблонов используют листы текстолита, гетинакса, картона толщиной 1 мм или металла 0,3—0,5 мм. В местах, где должны быть расположены кулачки, вырезают окна. При настройке станка на программу шаблоны накладывают на планки, левые торцы шаблонов устанавливают заподлицо с нулевыми линиями планок.

В специальные левое и правое крайние окна вставляют два кулачка, которыми шаблон крепится к планке.

Расставляют кулачки в вырезанные окна шаблона, контроль расстановки ведется по схеме расстановки кулачков на технологической карте настройки станка.

После расстановки кулачков шаблон и фиксирующие его кулачки снимают. Точность расстановки кулачков по шаблону ±0,5 мм.

Для получения более точных размеров в процессе обработки производят корректировку размеров путем смещения кулачков.

Рассмотрим пример обработки по программе пазов $B = 14$ мм в детали, приведенной на рис. 73; принимаем фрезу концевую ⌀ 14 мм, сталь Р18. Режим обработки $n = 1000$ об/мин, $S = 31{,}5$ мм/мин.

Конструкция станка разработана так, что при совмещении оси шпинделя с осью среднего паза стола координата поперечного хода по нониусу равна 150 мм, координата продольного хода по нониусу при симметричном расположении стола относительно оси шпинделя равна 475 мм, т. е. половине продольного хода стола, при расположении поверхности стола от торца шпинделя на расстоянии 50 мм координата вертикального хода и по нониусу равна 410 мм.

Приспособление базируют на средний паз стола. Базой детали при продольном и поперечном движениях стола служит ось отверстия диаметром 90 мм. Базой детали по вертикальной координате служит опорная плоскость приспособления. Составляют технологическую карту настройки станка.

Расстановку кулачков на планках производят согласно размерам, указанным в карте настройки от *0* — линии планок до базовых торцов кулачков.

Контрольные вопросы

1. Каковы особенности фрезерных станков с программным управлением?
2. Почему повышаются требования к жесткости и точности станков с ЧПУ по сравнению с универсальными?
3. Что такое ноль станка?
4. Для чего применяются УСП для фрезерной обработки на станках с ЧПУ?
5. Как автоматически крепятся инструменты в шпинделях фрезерных станков?
6. Что позволяет использовать при обработке более короткую концевую фрезу и почему?
7. Каковы основные приемы настройки гидроприводов?
8. Почему нужно особенно тщательно следить за чистотой масла гидросистемы?
9. Вспомните основной порядок настройки фрезерных станков с цикловой системой управления.
10. В каких случаях экономически целесообразно использовать станки с цикловой системой числового программного управления?

Глава II

ТОКАРНЫЕ СТАНКИ С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ, ИХ НАЛАДКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ

§ 1. КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И УЗЛЫ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Станки с программным управлением для обработки точением тел вращения относятся к группе токарных станков. Токарные станки по конструкции очень разнообразны, они отличаются как по расположению оси шпинделя (горизонтальное или вертикальное) и направляющих (горизонтальное, вертикальное, наклонное), так и по количеству используемых в работе инструментов и способам их закрепления на станке (на суппорте, в револьверной головке, в магазине инструментов). Такое конструктивное разнообразие не случайно. Токарные станки с ЧПУ заменяют большую группу различных станков для обработки тел вращения: токарные с ручным управлением, револьверные, гидро- и электрокопировальные полуавтоматы, многорезцовые полуавтоматы с горизонтальной и вертикальной осями шпинделя и др.

Но прежде чем говорить о различиях в конструкциях токарных станков с ЧПУ, постараемся представить себе их общие характерные черты. Как и у токарного станка с ручным управлением, обрабатываемая заготовка получает вращение от шпинделя станка, а режущий инструмент закреплен на суппорте, имеющем формообразующие перемещения по двум координатным направлениям X и Z. Ось Z совпадает с направлением оси шпинделя, а ось X перпендикулярна ей. (В станках выпуска до 1971 г. может встретиться иное обозначение осей: ось X совпадает с направлением оси шпинделя, а ось Z ей перпендикулярна.)

Основной особенностью станка с программным управлением является автоматизация формообразующих движений по двум координатам. Станкам с более высокой степенью автоматизации присущи другие особенности: многоинструментальность, автоматизация вспомогательных действий, команд и перемещений, наличие корректоров положения инструментов и режимов резания, адаптивные системы.

Многоинструментальность заключается в оснащении станка револьверной головкой или магазином инструментов. Головки могут иметь от трех до восьми инструментов, число инструментов в магазине гораздо больше (от 8 до 20). С помощью шести различных инструментов можно выполнить до 90% всей необходимой токарной обработки разнообразных деталей, встречающихся в машиностроении. Практически более 10 различных инструментов для обработки одной детали не требуется, наличие большего количества инструментов оправдано в двух случаях: или при точении трудно обрабатываемых материалов, когда инструменты имеют малый период стойкости, или при частых переналадках для обработки разнотипных деталей; в этом случае большое количество инструментов позволяет применять постоянную инструментальную наладку.

Современные токарные станки с ЧПУ отличаются высокой степенью автоматизации, заключающейся кроме программирования формообразования в автоматическом выполнении различных технологических команд и действий: переключении чисел оборотов шпинделя, изменении скоростей рабочих подач и холостых перемещений, смене инструментов, включении и выключении охлаждения, регулировании расхода охлаждающей жидкости, включении и выключении механизмов стружкодробления и стружкоудаления и т. д.

Коррекция положения — смещение суппорта независимо по каждой из осей — осуществляется на пульте станка или системы ЧПУ. Для коррекции чисел оборотов шпинделя и подач также служат переключатели на том же пульте.

Токарные станки могут иметь горизонтальное и вертикальное расположение оси шпинделя. Количество рабочих шпинделей у станков чаще всего ограничивается одним, двухшпиндельные станки встречаются редко. Количество рабочих суппортов также не превышает двух, чаще всего у станка один суппорт.

По своему назначению станки делятся на центровые, патронные и патронно-центровые. Центровые станки имеют заднюю бабку и приспособлены для обработки валов с закреплением их в центрах. Патронные станки предназначены для обработки сравнительно коротких деталей с закреплением их в патроне. Патронно-центровые станки оснащены зажимным патроном и поддержкой для работы с задним центром.

Центровые станки с горизонтальным расположением шпинделя могут быть: а) с горизонтальными направляющими, б) с вертикальными (наклонными) направляющими.

Станки с горизонтальными направляющими выпускают на базе универсальных токарных станков, например 1616, 1К62, 1М63, оснащая их системами ЧПУ, приводами подач, поворотными револьверными головками. Отечественные станкостроительные заводы выпускают станки с горизонтальными направляющими 1616Ф3, 1К62Ф3, 16К20Ф3, 1М63Ф3, РТ705Ф3 и др. Если для универсального станка горизонтальная компоновка представляется наиболее рациональной, так как зона резания должна быть приближена к рабочему, то для программных станков, для которых это требование не существенно, компоновка с вертикальным или наклонным расположением направляющих находит более широкое применение.

Основным преимуществом вертикального расположения направляющих является легкость схода стружки. Вертикальная компоновка позволяет разместить ходовой винт между направляющими, что не всегда удается сделать при другой конструкции. Такое расположение направляющих способствует получению более высокой точности обработки. С вертикальной компоновкой в СССР выпускают центровые и патронно-центровые станки 1Б732Ф3, 1П732МФ3, 1П752МФ3, АТИР2М12У и др.

Токарный станок с ЧПУ любой компоновки и любого назначения состоит из следующих основных узлов и систем: станины, главного привода, двух приводов подач, суппорта, револьверной головки или магазина инструментов, системы смазки, системы охлаждения, системы ЧПУ, электрооборудования, гидрооборудования (для гидрофицированных станков), задней бабки (для центровых станков), ограждения приспособлений для закрепления обрабатываемого изделия, устройства для закрепления режущих инструментов.

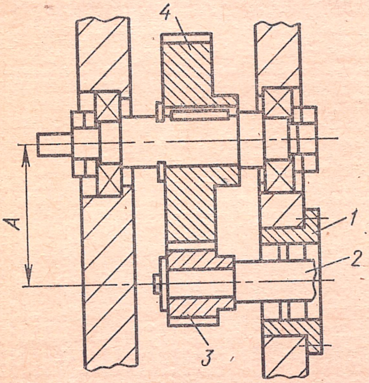


Рис. 74. Беззазорная зубчатая передача с выборкой зазора эксцентриковой втулкой

Рассмотрим наиболее характерные конструктивные особенности станков с ЧПУ, отличающие их от станков с ручным управлением.

Главный привод состоит из электродвигателя, ременных или цепных передач, коробки скоростей, шпинделя. В станках с ЧПУ применяют так называемый разделенный привод. Это означает, что коробка изменения чисел оборотов (коробка скоростей) отделена от шпиндельной бабки, которая кроме опор шпинделя может иметь одну-две передачи. Отечественная промышленность производит гамму автоматизированных коробок скоростей (АКС) для переключения чисел оборотов, в которых изменение скоростей происходит с помощью соответствующих электромагнитных муфт. В приводе подач между двигателем (электрический двигатель, шаговый электрогидропривод) и ходовым винтом зачастую располагается редуктор. Характерным для редуктора в приводе подач станка с ЧПУ является беззазорность в зубчатых передачах. Это достигается или радиальным сближением прямозубых зубчатых колес, сидящих на двух валах (рис. 74), или осевым сближением двух косозубых колес, сидящих на одном валу и сцепляющихся с широким колесом другого вала (рис. 75), или разворотом двух колес одного вала (рис. 76). В первом случае при регулировочных работах уменьшение люфта в зубчатом зацеплении достигается разворотом эксцентриковой втулки *1* корпуса, в котором размещены опоры вала *2* с ведущим зубчатым колесом *3*. При повороте уменьшаются межцентровое расстояние *A* и зазор в зацеплении колес *3* и *4* (см. рис. 74).

При втором конструктивном решении (см. рис. 75) спаренные косозубые зубчатые колеса *6* и *8* соединены между собой винтами *5* и штифтами *3*. Колесо *4* сидит по скользящей посадке 1-го класса точности на ступице колеса *6*. При изменении толщины компенсаторных полуколец *7* и *2* уменьшается зазор в зацеплении колес *6* и *8* с широким зубчатым колесом *1*. Каждое из спаренных колес работает только одним профилем зубчатого венца.

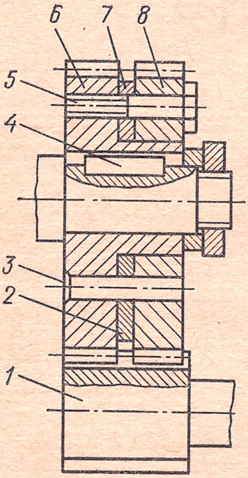


Рис. 75. Беззазорная зубчатая передача с выборкой зазора осевым сдвигом косозубых колес

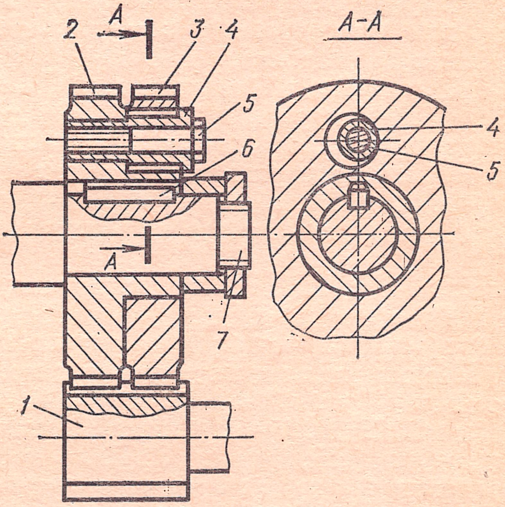


Рис. 76. Беззазорная зубчатая передача с выборкой люфта относительным разворотом двух прямозубых колес, сидящих на одной оси

Третья конструкция (см. рис. 76) напоминает вторую тем, что колесо *3* сидит на ступице колеса *2* и скреплено с ним винтами *5*. Однако в этом случае колеса прямозубые, а уменьшение зазора в зацеплении достигается за счет разворота колеса *3* относительно общей с колесом *2* оси. Для облегчения регулировочных работ предусмотрены эксцентрики поворота *4* между колесами *2* и *3*. Как и в предыдущем случае, спаренные колеса работают одним (одно — левым, другое — правым) профилем зубчатого венца (на рис. 76 *1* — широкое зубчатое колесо).

Ходовые винты *6* и гайки *7* чаще всего выполнены в виде шариковинтовых пар (см. стр. 154—155).

Инструментальные многопозиционные револьверные головки токарных станков с ЧПУ разнообразны по конструкции. Подробно с ними ознакомимся при рассмотрении устройства станков различных моделей.

§ 2. ТОЧНОСТЬ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ С ЧПУ И ЕЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Точность токарного станка с ЧПУ может быть определена при проверке точности взаимного расположения узлов, их перемещения, точности обработки образцов и партии деталей.

В технических условиях на станок перечислены проверки норм точности станка и методы их выполнения. Эти проверки проводят на заводе-изготовителе, в акте приемки станка работники ОТК проставляют фактические значения проверенных параметров. Рекомендуется повторить проверку точности после установки станка (до начала эксплуатации) и сравнить полученные данные с указанными в акте приемки.

Выполнение этой рекомендации никогда не бывает излишним независимо от того, транспортировался станок в собранном или частично разобранном виде. Значительные расхождения результатов проверки с указанными в акте приемки свидетельствуют о каких-то неблагополучных явлениях, которые необходимо устранить. Периодические проверки точности и регулировочные работы для восстановления точностных характеристик станков следует проводить в течение всего срока эксплуатации станка. Эти работы входят в планово-предупредительный ремонт, включающий комплекс осмотров, малых и средних ремонтов.

Нормы точности и жесткости токарных и токарно-винторезных станков общего назначения (с ручным управлением) регламентированы ГОСТ 18097—72. Станки разделяются на 3 класса точности: нормальной (Н), повышенной (П) и высокой (В). Стандарт предусматривает проверку геометрической точности, проверку станка в работе и проверку на жесткость.

Проверка геометрической точности предусматривает выполнение 17 проверок. Почти все эти проверки (кроме 1.10 и 1.14) могут быть рекомендованы для станков с ЧПУ. В ГОСТе дана методика проверки; как правило, для выполнения проверки не требуется сложной оснастки и сложных приборов. Ограничимся перечнем проверок норм геометрической точности, приемлемых для станков с ЧПУ (нумерация по ГОСТу):

1.1. Прямолинейность продольного перемещения суппорта в горизонтальной плоскости.

1.2. Прямолинейность продольного перемещения суппорта в вертикальной плоскости.

1.3. Одновысотность оси вращения шпинделя передней бабки и оси отверстия пиноли задней бабки по отношению к направляющим станины в вертикальной плоскости.

1.4. Параллельность перемещения задней бабки перемещению суппорта:

а) в вертикальной плоскости,

б) в горизонтальной плоскости.

1.5. Радиальное биение центрирующей поверхности шпинделя передней бабки под патрон, 1.6. Осевое биение шпинделя передней бабки.

1.7. Торцовое биение опорного буртика шпинделя передней бабки.

1.8. Радиальное биение конического отверстия шпинделя передней бабки, проверяемое:

а) у торца,

б) на длине.

1.9. Параллельность оси вращения шпинделя передней бабки продольному перемещению суппорта.

1.11. Перпендикулярность поперечного перемещения верхней части суппорта к оси вращения шпинделя.

1.12. Параллельность перемещения пиноли задней бабки направлению продольного перемещения суппорта:

а) в вертикальной плоскости,

б) в горизонтальной плоскости.

1.13. Параллельность оси конического отверстия пиноли задней бабки перемещению суппорта:

а) в вертикальной плоскости,

б) в горизонтальной плоскости.

1.15. Радиальное биение конического отверстия шпинделя (вращающегося центра), вмонтированного в пиноль задней бабки:

а) у торца,

б) на длине L.

1.16. Параллельность продольного перемещения заднего суппорта продольному перемещению переднего суппорта.

Этот перечень применительно к станкам с ЧПУ должен быть дополнен двумя проверками, относящимися к точности револьверной инструментальной головки.

Метод проверки параллельности опорных поверхностей под блоки относительно продольного перемещения суппорта для центровых и поперечного перемещения для патронных: на станке устанавливают индикатор так, чтобы его мерительный наконечник касался опорной поверхности под блоки револьверной головки. Суппорт перемещают на длину опорной поверхности, проверку ведут по каждой грани головки. Отклонения определяют как наибольшую алгебраическую разность показаний индикатора на каждой из граней.

Метод проверки стабильности фиксации револьверной головки при поворотах: а) в направлении, перпендикулярном оси шпинделя, б) в направлении вдоль оси шпинделя.

На одном из резцовых блоков, закрепленном в револьверной головке, устанавливают мерную плитку. Замеры производят двумя индикаторами, каждый из которых фиксирует отклонения по своему координатному направлению (X или Z). Револьверную головку поворачивают поочередно в каждую позицию. Отклонения определяют как наибольшую алгебраическую разность показаний индикатора на каждой из позиций.

Второй перечень проверок относится к точности обработанных образцов (ГОСТ 18097—72).

Предусматривается выполнение следующих проверок:

2.1. Точность геометрической формы цилиндрической поверхности образца, обработанного на станке при закреплении образца в патроне:

а) постоянство диаметров в поперечном сечении,

б) постоянство диаметров в любом сечении.

2.2. Плоскостность торцовой поверхности образца, обработанной на станке.

2.3. Точность шага резьбы, нарезанной на станке.

Применительно к станкам с ЧПУ следует расширить круг проверок, включив еще две:

2.4. Точность размеров в партии деталей.

2.5. Точность контура при фасонной обработке.

Для станков с ЧПУ необходимо проведение еще одного этапа проверок, определяющих точность обработки заданных перемещений:

3.1. Точность возврата суппорта в исходное положение по каждой из координат.

3.2. Точность отработки заданных перемещений по каждой из координат.

3.3. Стабильность выхода суппорта в заданную позицию.

3.4. Зона нечувствительности («мертвые ходы») при изменении направления перемещения суппорта по каждой из координат.

3.5. Точность отработки корректоров положения.

3.6. Точность обработки единичных импульсов.

Высокие точности по третьему разделу проверок могут быть достигнуты только при хорошем состоянии одновременно механической, гидравлической, электрической и электронной частей станка.

Периодическая проверка точности позволит следить за состоянием станка.

Кроме геометрической точности на точность и производительность обработки в значительной степени влияют жесткость и виброустойчивость станка.

Показателем жесткости является относительное перемещение под нагрузкой резцедержателя и оправки, установленной в шпинделе передней бабки и пиноли задней бабки.

Фактически при этом проверяют величину, обратную жесткости, именуемую податливостью. Единица измерения податливости — мм/кГ. Если обозначим жесткость — j, усилие — P, отжатие — y, податливость — ω, то взаимозависимость между этими параметрами выразится следующими формулами:

$$j = \frac{P}{y}; \quad \omega = \frac{1}{j} = \frac{y}{P}; \quad y = \frac{P}{j}.$$

Связь между точностью обработки и жесткостью станка хорошо известна. Чем больше жесткость j при одной и той же нагрузке P, тем меньше величина отжатия y. Следовательно, у станка, обладающего повышенной жесткостью, величина отжатия будет меньше и получившийся при обработке размер будет ближе к заданному.

Другая сторона влияния жесткости на точность раскрывается, если обратить внимание на изменение сил резания в процессе обработки. Эти изменения определяются колебаниями припуска и неравномерностью твердости заготовки. При малой жесткости они приведут к большим погрешностям, при большой жесткости погрешности значительно уменьшаются.

Для станков с ЧПУ значение большой жесткости особенно важно, так как программист не в состоянии учесть всех особенностей конкретных заготовок и составляет программу, полагая, что фактические размеры совпадут с заданными.

Потеря жесткости станков чаще всего связана с появлением чрезмерных зазоров в подвижных соединениях: подшипниках шпинделя, направляющих каретки и ползушки, винтовых парах, редукторах приводов подач, механизмах поворотного резцедержателя. Реже причиной уменьшения жесткости является ослабление крепления узлов.

Методы восстановления жесткости аналогичны методам восстановления точности станка. В подвижных и неподвижных соединениях необходимо добиться заданной геометрической формы контактируемых поверхностей, чтобы обеспечить их правильное прилегание, в подшипниках, винтовых парах и направляющих качения создать требуемые зазоры — натяги, а в направляющих скольжения отрегулировать оптимальные зазоры. Жесткость поворотной револьверной головки обычно определяется состоянием плоских зубчатых полумуфт и поверхностей, по которым базируются резцовые инструментальные блоки.

Виброустойчивость — способность станка резать металл без вибраций. Из опыта токарной обработки известно, что вибрации появляются при определенной глубине резания и при дальнейшем увеличении глубины сохраняются. Сложнее зависимость вибраций от величины подачи. Малые подачи способствуют возникновению вибраций, увеличение подач приводит вначале к исчезновению, а затем при значительных подачах вновь к возникновению вибраций.

Вибрации при резании относятся к автоколебаниям, это значит, что их источником не является внешний возбуждающий процесс. Чем выше уровень виброустойчивости станка, тем меньше вероятность возникновения вибраций при любых возможных условиях обработки, что особенно важно для станков с программным управлением.

Высокая виброустойчивость станка позволяет вести обработку при большой глубине резания, т. е. снимать припуски при минимальном количестве проходов, следовательно, обеспечивает высокую производительность станка.

Для проверки виброустойчивости заводы-изготовители проводят специальные испытания. К шпинделю *1* станка прикрепляют жесткую консольную оправку *2* с цилиндрическим образцом *3* на конце (рис. 77). Точение производят при значительном удалении образца от шпинделя, т. е. при неблагоприятных условиях, в связи с чем вибрация должна возникнуть при сравнительно небольшой глубине резания. Глубина резания, при которой еще нет вибраций, называется предельной стружкой. Для станков различных моделей установлены нормативы предельной стружки. Так, для станка 16К20Ф3 предельная стружка равна 2 мм, для станка 1М63Ф3 — 3 мм. Эти предельные стружки относятся к станкам с вылетом образца от торца шпинделя на 300 мм при точении проходным резцом *7* с $\varphi = 45°$, $\varphi_1 = 15°$; $r = 1$ мм.

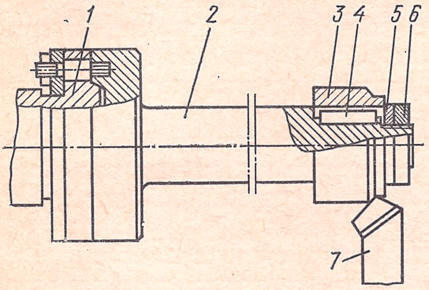


Рис. 77. Оправка для проверки виброустойчивости:

1 — шпиндель, *2* — консольная оправка, *3* — цилиндрический образец, *4* — шпонка, *5* — шайба, *6* — гайка, *7* — проходной резец

Наибольшее влияние на уровень виброустойчивости оказывает правильная регулировка шпиндельных опор. Поэтому при снижении виброустойчивости в первую очередь нужно обратить внимание на величину зазоров в подшипниках передней и задней опор. Опыт станкостроительных заводов и исследования, выполненные в ЭНИМСе, показали, что виброустойчивость станка повышается при уменьшении зазора в передней опоре.

При использовании подшипников качения допускается даже небольшой натяг до 0,002 мм. Большой натяг приводит к повышенным нагревам при больших скоростях вращения и в связи с этим к сокращению долговечности узла.

В большинстве передних опор токарных станков используют двухрядные шпиндельные подшипники с короткими цилиндрическими роликами и с конусным отверстием во внутреннем кольце (рис. 78). Наличие конусного отверстия во внутреннем кольце *4* позволяет радиальный зазор в подшипнике регулировать шлифованием дистанционного кольца *6* и поджимом внутреннего кольца подшипника через дистанционное кольцо до упора в буртик шпин-

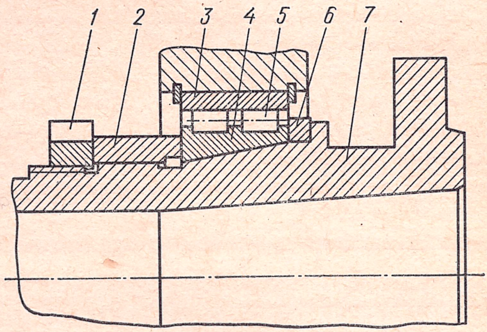


Рис. 78. Передние опоры шпинделей токарных станков:

1 — регулировочная гайка, *2* — распорное кольцо, *3* — наружное кольцо подшипника, *4* — внутреннее кольцо подшипника, *5* — ролики, *6* — дистанционное кольцо, *7* — буртик шпинделя

деля 7. На заводах-изготовителях с помощью специальных приборов выполняют измерение зазоров в подшипниках при сборке. В процессе эксплуатации проще судить о зазорах-натягах по нагрузочным кривым, которые получаются в результате замеров отжатий вверх переднего конца шпинделя домкратом через динамометр снизу на фланец шпинделя.

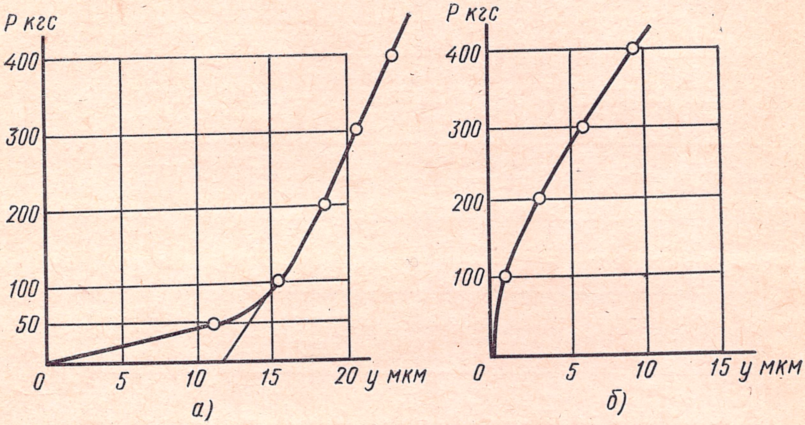


Рис. 79. Кривые отжатия:

а — в подшипнике зазор ~ 0,012 мм, *б* — в подшипнике натяг

Характерные кривые отжатий изображены на рис. 79. Для определения правильности регулировки зазора (натяга) в опоре руководствуются величиной отжатий при определенных нагрузках. Так, например, для станка 1М63Ф3 наиболее правильная регулировка в отношении виброустойчивости, температурного режима, точностных характеристик соответствует отжатиям 4—8 мкм при нагрузке в 400 кГ.

Для многих станков уровень виброустойчивости зависит в равной степени от правильной регулировки не только передней, но и задней опоры. В станке 1М63Ф3 в задней опоре следует иметь небольшой радиальный зазор в 0,015—0,020 мм.

§ 3. ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ И НАСТРОЙКА ТОКАРНОГО СТАНКА

Рабочие органы управления токарным станком с ЧПУ выполнены в виде электрических кнопок, тумблеров и переключателей. Эти органы совместно с сигнализирующей аппаратурой, лампочками и устройствами цифровой индикации позволяют выполнять работы как в автоматическом (от программоносителя), так и в ручном режиме и наблюдать за правильностью выполнения работ.

Обычно токарный станок с ЧПУ имеет два или три пульта управления. Один из них всегда размещен на системе ЧПУ, второй (оперативный), предназначенный для наблюдения за перемещением рабочих органов станка, расположен вблизи рабочих органов, третий, служащий для включения станка и его основных систем, может быть помещен вдали от рабочих органов станка.

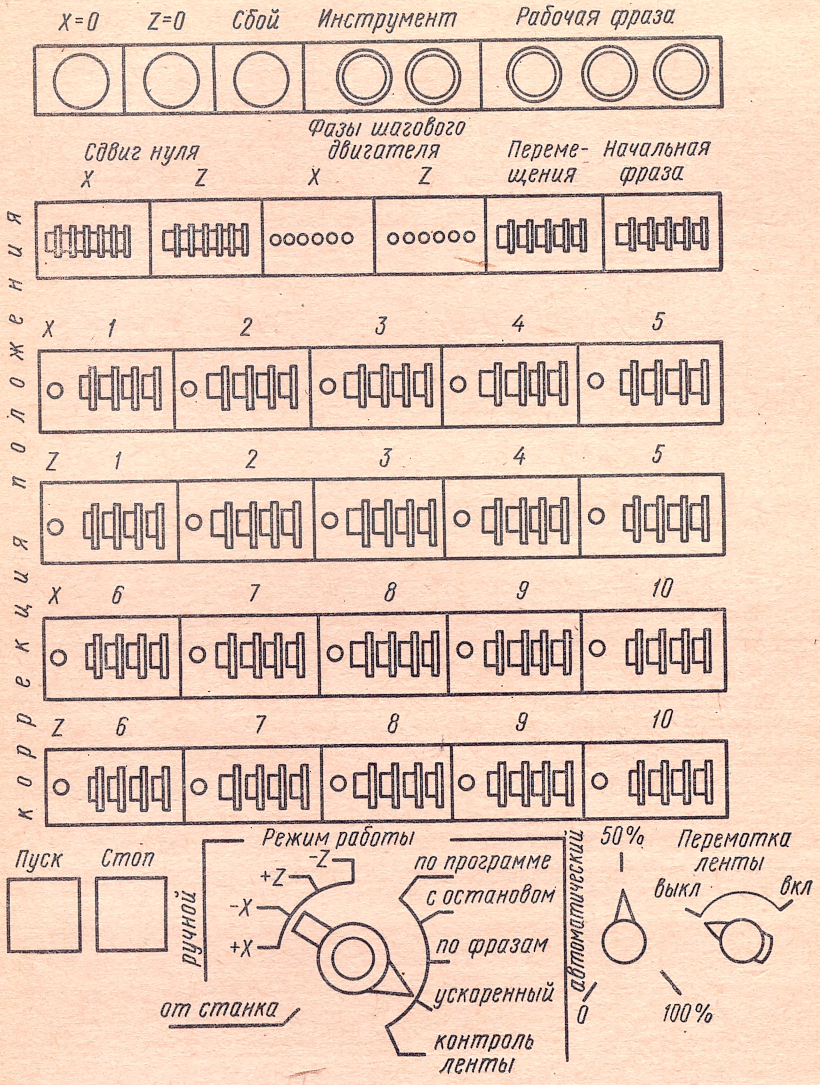

X=0
Z=0
Сбой
Инструмент
Рабочая фраза
Сдвиг нуля
X
Z
Фазы шагового двигателя
X
Z
Перемещения
Начальная фраза
коррекция положения
X 1 2 3 4 5
Z 1 2 3 4 5
X 6 7 8 9 10
Z 6 7 8 9 10
Пуск
Стоп
ручной
Режим работы
-Z
+Z
-X
+X
от станка
по программе
с остановом
по фразам
ускоренный
контроль ленты
автоматический
50%
0
100%
Перемотка ленты
выкл
вкл

Рис. 80. Пульт управления ЧПУ системы ЭМ-907

С пультом управления ЧПУ ознакомимся на примере отечественной системы ЭМ-907, широко применяемой для токарных станков, работающих с шаговым электрогидравлическим приводом (рис. 80). Вся аппаратура на пульте скомпонована в семь горизонтальных рядов. В первом ряду две крайние левые лампочки ($X = 0$; $Z = 0$) сигнализируют о приходе суппорта станка в нулевое положение по каждой из координат. Третья красная лампочка («*Сбой*») загорается, если информация, воспринятая считывающим устройством, не удовлетворяет условиям установленного для данного кода контроля (по модулю, по четности, по нечетности). Для новой ленты это возможно при наличии ошибки в пробивке, для лент, по которым раньше работа выполнялась успешно, загорание лампочки «*Сбой*» свидетельствует об их износе. Лампочка «*Сбой*» может загореться также при загрязнении оптической системы фотосчитывателя.

Пять правых окошек первого ряда («*Инструмент*», «*Рабочая фраза*») служат для индикации номера работающего инструмента и отрабатываемого по программе номера кадра.

Второй ряд имеет наборы декадных переключателей «*Сдвиг нуля*» по осям X и Z. Каждый из наборов имеет первый переключатель «*Знак + или —*» и пять декадных переключателей количества заданных импульсов для десятков тысяч, тысяч, сотен, десятков и единиц (считая слева направо). Если цена импульса для станка равна 0,01 мм, то на трех первых переключателях будут набраны миллиметры, на двух последних — десятые и сотые доли. Для такого случая набранные на пульте значения (рис. 80) приведут к сдвигу нуля программы относительно нулевого положения станка на + 24,56 мм по оси X в положительном направлении (в сторону увеличения размеров обработки) и на — 132,78 мм по оси Z (в сторону уменьшения размера, т. е. к передней бабке). Сдвиг нуля выразится в автоматическом перемещении суппорта станка из нулевого положения до начала отработки программы после нажатия на кнопку «*Пуск*».

Далее, во втором ряду располагаются 12 лампочек «*Фазы шагового двигателя*», по 6 лампочек для каждого координатного направления. При работе шаговых двигателей лампочки попеременно загораются и гаснут. Каждый прошедший от системы импульс вызывает загорание одной из лампочек и угасание другой. Наладчик станка по лампочкам может судить, выдает ли система импульсы на шаговый двигатель. После остановки движения по координате загораются две лампочки. Запомнив, какие лампочки горят в исходном для программы положении, можно судить о том, вернулся ли суппорт по программе вновь в исходное положение.

Предпоследние во втором ряду пять декадных переключателей служат для осуществления точных перемещений по каждому из координатных направлений («*Перемещение*»). Использование этих переключателей покажем на примере. Наберем на декадном переключателе значение 34 124. Переключатель режима работы системы (нижний горизонтальный ряд, в центре) установим в положение «*Ручной*, + *Z*». Нажмем на кнопку «*Пуск*» (левая крайняя в нижнем ряду), станок отработает со скоростями холостых ходов перемещения в положительном направлении по оси Z на 34 124 импульса. Таким образом, с помощью этих переключателей можно задать перемещение в ручном режиме одновременно только по одной из координат. В некоторых системах устройство ручного ввода бывает более совершенным и позволяет ввести вручную и отработать информацию целого кадра, включая задание скорости перемещения и работу в режиме интерполяции по двум координатам одновременно.

На последних трех декадных переключателях второго ряда («*Начальная фраза*») можно выбрать номер кадра, с которого начнется отработка программы по перфоленте. До этого кадра перфолента движется в фотосчитывателе в режиме быстрой перемотки, движения суппорта не происходит, шпиндель не вращается. Однако вся информация предшествующих кадров запоминается системой, и в момент, когда лента достигает заданного на переключателе номера кадра, происходит перемещение суппорта в то положение, которое он бы занял, если бы все пропущенные кадры отрабатывались. То же самое произойдет с технологическими командами. Описанное устройство позволяет легко начать работу с кадра любого номера.

Четыре следующих горизонтальных ряда отведены под корректоры положения по осям X и Z. Каждый корректор на пульте представлен лампочкой, сигнализирующей его включение, переключателем знака и тремя декадными переключателями сотен, десятков и единиц импульсов. Корректор включается вызовом в перфоленте номера корректора и выводится командой его отмены.

В нижнем ряду размещены кнопки «*Пуск*» и «*Стоп*» программы с подсветкой клавиш, переключатель режима работы системы на 10 положений, корректор скорости перемещений суппорта в диапазоне от 0 до 100%, переключатель перемотки перфоленты.

С помощью корректора скорости перемещений можно регулировать скорость суппорта, уменьшая ее от заданной величины почти до нуля. Переключатель «*Режим работы*» имеет пять положений ручной работы и пять положений работы от перфоленты. Крайнее левое положение переключателя «*От станка*» позволяет работать от кнопок и тумблеров оперативного пульта станка. Четыре других положения ($+X$, $-X$; $+Z$, $-Z$) используются при точных перемещениях, заданных на декадных переключателях «*Перемещения*» (второй ряд).

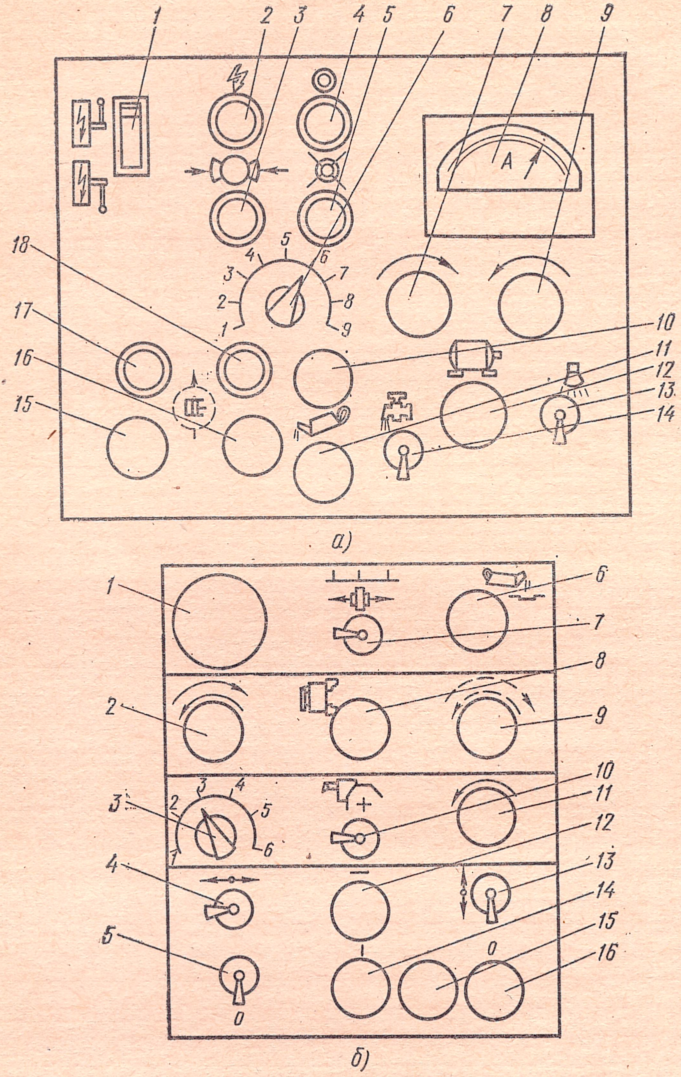
Основным автоматическим режимом работы станка от перфоленты является режим «*По программе*» (для некоторых систем «*Автомат*».) При режиме «*По фразам*» («*Полуавтомат*») после отработки каждого кадра происходит останов до повторного нажатия кнопки «*Пуск*». В режиме «*Контроль ленты*» ведется проверка перфоленты, никакой информации система на станок не выдает. В случае ошибки в ленте по формальным признакам, например в случае неправильного построения кадра, неверного контроля и т. д., лента остановится, загорится лампочка «*Сбой*» (в первом ряду). В режиме «*Ускоренный*» станок выполняет все действия и перемещения в ускоренном темпе.

Интересен и полезен для наладки станка на обработку сложной детали режим «*С остановом*». Если в программе вместо номера адреса (номер кадра) пробить наклонную черту (знак дроби), то информация этого кадра в режиме «*По программе*» отрабатываться станком не будет, а в режиме с остановом будет. Если в одном из таких кадров будет стоять команда М01, то произойдет технологический останов. Этот останов можно использовать для контроля обрабатываемых поверхностей и ввода необходимых коррекций положения. Кадры «*В скобках*» в этом случае используются при настройке станка на пробные проходы. При обработке партии деталей, когда станок уже настроен, эти проходы не нужны, а в положении переключателя режима работы «*По программе*» они пропускаются. В любой момент можно вернуться к отработке данных кадров, переключившись на режим «*С остановом*».

Кнопка «*Стоп*» прерывает выдачу информации системой ЧПУ.

На рис. 81 представлены два пульта управления одного из токарных станков, оснащенного системой ЭМ-907. Для конкретных станков расположение кнопок, тумблеров, лампочек может быть различным, оба пульта даже могут быть объединены в один. На пульте общего включения (рис. 81, *а*) размещены вводной автомат *1*, кнопки включения *15* и выключения *16* гидростанции, кнопки включения *7* и *9* электродвигателя главного привода, кнопка *12* выключения этого двигателя, переключатель *6* скорости автоматической коробки скоростей (АКС), кнопки *10* и *11* включения и выключения системы смазки шпиндельной бабки и АКС, тумблер *14* включения охлаждения инструмента, тумблер *13* включения местного освещения. Амперметр *8* показывает силу тока в цепи двигателя главного привода, следовательно, позволяет оценивать нагрузку на двигатель. Лампы *2*, *3*, *4*, *5*, *18*, *17* сигнализируют о работе и отключении соответствующих агрегатов. Для работы станка в автоматическом режиме необходимо включить вводной автомат *1*, кнопкой *15* — гидростанцию и кнопкой *11* — смазку главного привода. Все остальные агрегаты включаются, а технологические команды и вспомогательные действия осуществляются от команд программоносителя, так что кнопки и тумблеры нужны для выполнения работ в ручном режиме (переключатель на пульте системы в положении «*От станка*»).

Пульт оперативного управления (рис. 81, *б*) имеет кнопку *1* «*Общий стоп*», толчковую кнопку *6* смазки направляющих, кнопку *2* включения вращения шпинделя (направление зависит от направления вращения двигателя), толчковую кнопку *9* включения шпинделя, тумблеры *7* и *8* переключения зубчатых блоков шпиндельной бабки, переключатель *3* и тумблер *10* выбора номера инструмента, кнопку *11* поворота револьверной головки на одну позицию, тумблеры *4* и *13* ручного перемещения суппорта, кнопки *12* и *14* возврата суппорта в нулевое положение, кнопки *15* и *16* пуска и останова программы, сдублированные с кнопками «*Пуск*» и «*Стоп*» на пульте системы ЧПУ. Тумблер *5* прерывает движение подачи, сохраняя все остальные команды. Таким образом, работой станка в автоматическом режиме можно управлять тумблером *5*, кнопкой *16* и кнопкой *1*. При обработке партии деталей в конце каждого цикла лента автоматически перематывается в исходное положение, запуск программы на следующую деталь может быть произведен кнопкой *15* без обращения к пульту программного управления.


1
2
3
4
5
6
7
8
9
A
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
1
6
7
8
2
9
3
1
2
3
4
5
6
+
10
11
12
4
13
14
5
15
0
16
0

а)

б)

Рис. 81. Пульт управления:

а — общего включения, *б* — оперативного управления

Техническая документация, по которой выполняется настройка токарного станка с ЧПУ, обычно состоит из двух документов: карты наладки и текста программы. Для подготовки станка к обработке деталей необходима карта наладки, В карте указаны: а) вид зажимного устройства и даны конкретные размеры зажимных элементов в случае необходимости их подготовки к работе (например, зажимных кулачков); б) перечень вспомогательных и режущих инструментов с координатами вершин режущих кромок от программируемой точки станка; в) размеры заготовки, поступающей на станок с ЧПУ; г) размеры детали, сходящей со станка; д) координаты исходной (нулевой) точки относительно абсолютной системы координат станка.

Пример карты наладки для операции токарной обработки детали в патроне показан на рис. 82.

Для патронных токарных станков общепринято, что в абсолютной системе начало координат лежит на пересечении оси центров с зеркалом зажимного патрона, для центровых станков — на пересечении оси центров с базовым торцом плавающего центра или зажимного устройства.

Настройку станка следует выполнять в такой последовательности:

1. Подобрать согласно карте наладки режущий инструмент, проверить его состояние. Не допускается приступать к работе инструментом с изношенными рабочими кромками. Проверить надежность крепления твердосплавных многогранных пластинок в резцах с механическим креплением. Следует учитывать, что большие силы зажатия могут привести к разрушению пластинок, а малые — к неточностям обработки.
2. Настроить режущий инструмент на заданные картой наладки координатные размеры. Настройку производят на специальных приспособлениях.
3. Расставить инструментальные блоки с настроенными на размер режущими инструментами в рабочие позиции револьверной головки или инструментального магазина.
4. Установить предусмотренный картой наладки вид зажимного устройства.
5. Подготовить зажимные элементы, например установить нужные кулачки и при необходимости расточить их.
6. Установить программоноситель в считывающее устройство системы ЧПУ.
7. Поставить переключатель на пульте управления системы ЧПУ на ручной режим работы («*От станка*»).
8. Переместить суппорт в предусмотренное картой наладки нулевое положение, используя отсчетные линейки станка или устройство «*Сдвиг нуля*» (плавающий нуль).
9. Проверить отсутствие информации на корректорных переключателях, затем набрать значения, страхующие от получения брака при обработке.
10. Закрепить заготовку детали в патроне или центрах.
11. Переключатель режима работы на пульте управления перевести на автоматическую работу («*По программе*» или «*По фразам*»).
12. Обработать в автоматическом (полуавтоматическом) режиме первую деталь партии.

13. Замерить размеры детали, высчитать поправки и набрать их на корректорных переключателях.

14. Обработать повторно в автоматическом режиме деталь.

15. Снять деталь, проверить размеры.

Настройка на обработку партии деталей завершена. В дальнейшем, пользуясь корректорами, необходимо поддерживать размеры деталей в поле допуска.

Если в программе заложены кадры *«С дробью»*, то работу в п. 12 вести в режиме *«С остановом»*.

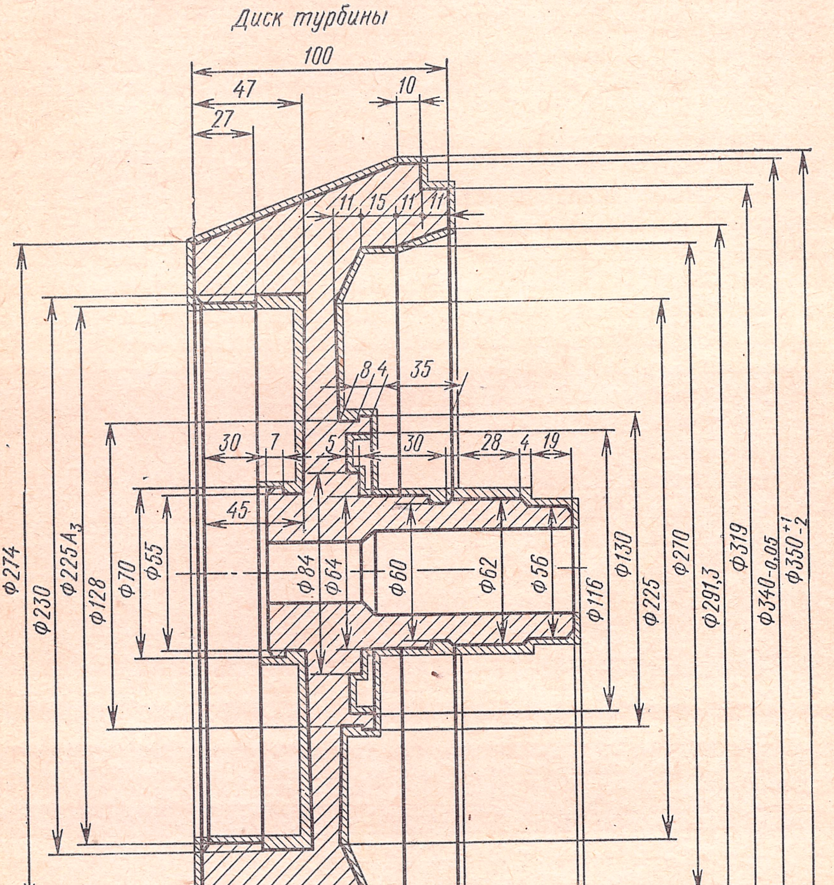

Диск турбины
100
47
10
27
11
15
11
11
8
4
35
30
7
5
30
28
4
19
45
ф274
ф230
ф225А3
ф128
ф70
ф55
ф84
ф64
ф60
ф62
ф56
ф116
ф130
ф225
ф270
ф291,5
ф319
ф340-0,05
ф350 +1 -2
152
162 +1 -2

Рис. 82. Карта наладки для

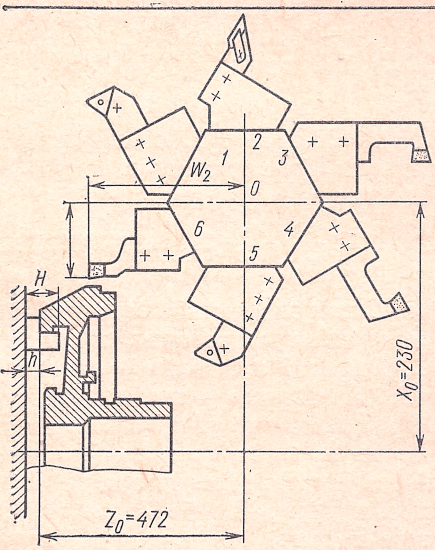
§ 4. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКЕ

Из всех применяемых на токарных станках с ЧПУ зажимных устройств наиболее универсальными являются трехкулачковые патроны. Сложились вполне определенные требования, которым должны удовлетворять патроны для токарных станков с программным управлением: 1) быстродействие; 2) высокая точность при закреплении; 3) быстрая переналаживаемость при переходе на закрепление новой детали; 4) универсальность, т. е. возможность закрепления в одном патроне деталей различных форм и размеров.

Быстродействующие патроны имеют механизированный силовой привод от пневматических или гидравлических цилиндров, установленных на заднем конце шпинделя станка. Связь между силовым приводом и патроном осуществляется с помощью тяги, проходящей через отверстие в шпинделе. Сами патроны через переходную планшайбу крепятся к переднему фланцу шпинделя.

На рис. 83 изображен патрон с рычажным центрирующим механизмом. Три рычага *2* поворачиваются на осях *3* при осевом перемещении втулки *1*, связанной через тягу с силовым приводом. Кулачки *5* перемещаются в радиальных пазах корпуса *4* патрона. Сменные накладные кулачки *6* крепятся к основным кулачкам *5* с помощью винтов и шпонок.

Клинорычажный патрон изображен на рис. 84. С тягой штока пневматического цилиндра патрон соединен с помощью винта *3*.



Модель станка	РТ 725 Ф 302
Система	ЭМ 907
Диапазон оборотов	III
Общая высота кулачков	H=60
Высота расточки	h=20
Координаты нулевой точки	$X_0=230$ $Z_0=472$

Корректоры

№ корр	Расчетная величина	Корректир. размер	Знак „+" на корректоре" дает
1		5; Ф116; Ф84	увелич. „5", умен. Ф116 Ф84
2		Ф319; Ф62; Ф64	умен. Ф319; Ф62; Ф64
3			
4			
5		Ф130; 48	умен. 48; Ф130
6		Ф226; 48	умен. 48; Ф226
7		Ф128; 47	умен. 47; Ф128
8		Ф270; Ф291,3	умен. Ф270; Ф291,3
9			

Координаты режущего инструмента

№ п/п	1	2	3	4	5	6
W_x	152	152	118	152	103	141
W_z	275	275	275	275	275	275

Наладка на деталь Диск турбины Сторона-2ая		
Программист		
Наладчик		

операции токарной обработки

От самоотвинчивания в процессе работы патрона винт удерживается прижимным стопором *1* (с подпружиненным шариком), помещенным в гайке *2*, последняя закреплена на винте *3* стопором *4*. Доступ к винту возможен при отвинченной пробке *11*. Кулачки *9* перемещаются под действием рычагов *8*, опирающихся на цилиндрические гнезда *6* в корпусе *7* патрона.

Давление от поршня пневматического цилиндра передается на рычаги через винт *3* и гайку *12*, помещенную на муфте *5*. На гайке имеются три наклонные плоскости *К*, под действием которых при обратном ходе поршня (на рисунке слева направо) кулачки расходятся, освобождая обрабатываемую заготовку. Основные кулачки *9* имеют Т-образные пазы, в которых помещаются шпонки. С помощью этих шпонок и винтов к основным кулачкам крепятся сменные накладные кулачки *10*.

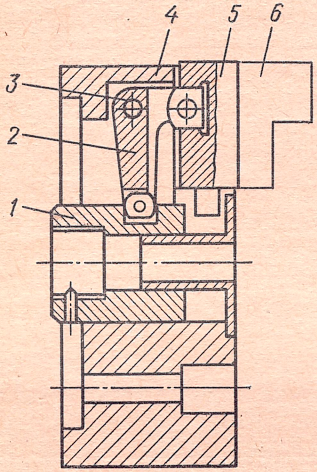


Рис. 83. Патрон с рычажным центрирующим механизмом

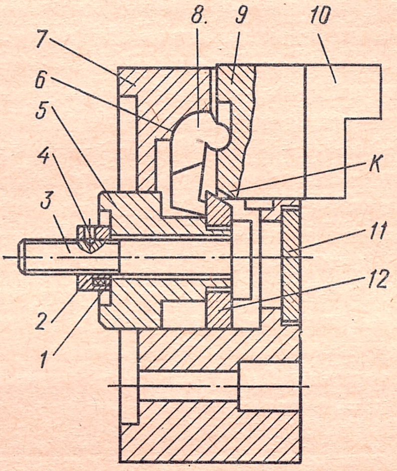


Рис. 84. Клинорычажный патрон

На рис. 85 показан патрон типа ПКС с клиновым зажимным механизмом.

В радиальных пазах корпуса *2* патрона помещаются три основных кулачка *3*, с рифленой поверхностью которых сопрягаются сменные накладные кулачки *6*. Винты *5* и шпонки *4* служат для крепления накладных кулачков. Скользящая в отверстии корпуса втулка *1* имеет для связи с кулачками три Т-образных наклонных паза и приводится в движение от штока привода. При осевом перемещении втулки кулачки получают радиальное перемещение и зажимают или освобождают заготовку. Шайба *7* предохраняет патрон от проникновения в него грязи и стружки.

Опыт эксплуатации патронов описанных трех конструкций показал, что первые два значительно уступают по точности клиновым патронам. Объяснение этому следует искать в меньшем количестве подвижных элементов, большей жесткости, равномерном распределении давлений, что гарантирует также высокую износоустойчивость. Клиновой патрон легко разбирается для проведения очистки и смазки.

Патроны в своем стандартном исполнении имеют на лицевой стороне основных кулачков либо шпоночный паз, либо мелкую насечку, с помощью которых производится сопряжение с накладными кулачками. Мелкая насечка на основных и накладных кулачках не имеет очень точного шага, в связи с чем при перестановке накладных кулачков на другие диаметры возникает погрешность в центрировании заготовки. Кроме того, мелкие зубчики плохо передают большие радиальные усилия и могут сминаться. Многие потребители вместо мелкой насечки нарезают на основных кулачках зубчатую рейку, соответственно снабжают рейкой того же шага накладные кулачки.

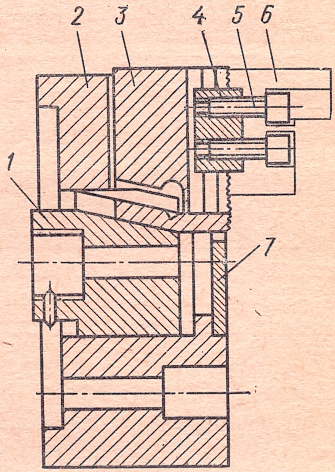


Рис. 85. Патрон типа ПКС с клиновым зажимным механизмом

Рассмотренные патроны не универсальны и не могут быть быстро переналажены. Очень редко можно переналадить патрон за счет перестановки или перезакрепления накладных кулачков. Почти для каждого нового наименования обрабатываемой заготовки требуются специальные кулачки. Они могут быть закаленными или сырыми. Закаленные кулачки служат обычно для закрепления черновых заготовок. Они имеют на рабочих зажимных поверхностях насечку, врезающуюся в заготовку и передающую повышенный крутящий момент. Для зажима штампованных заготовок, имеющих уклоны, рабочим поверхностям закаленных кулачков можно придать коническую форму. Уклоны могут быть прямыми и обратными (рис. 86). В первом случае возникающая осевая сила выталкивает заготовку из кулачков, поэтому угол уклона кулачков α не должен превышать 7°.

При обратном уклоне осевая сила прижимает заготовку к опорной базовой поверхности кулачков.

Сырые накладные кулачки могут обрабатываться непосредственно на станке, благодаря чему с их помощью возможно закрепление заготовок с высокой точностью.

Рассмотрим методику подготовки сырых кулачков к работе на примере расточки их для зажима заготовки по наружным цилиндрическим поверхностям:

1. Прикрепить сырые кулачки с помощью двух крепежных винтов к основным кулачкам.

2. Зажать нерабочими поверхностями сырых кулачков или основными кулачками жесткий цилиндрический диск, не мешающий вести обработку рабочих поверхностей сырых кулачков.

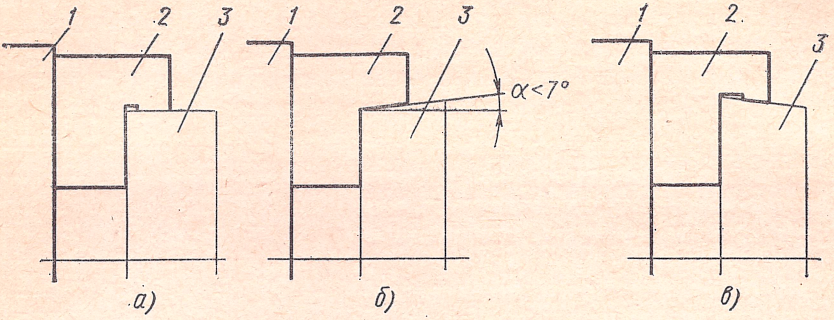


Рис. 86. Профили кулачков:

а — без уклона, *б* — с прямым уклоном, *в* — с обратным уклоном; *1* — патрон, *2* — кулачок, *3* — заготовка

3. Расточить цилиндрические рабочие поверхности сырых кулачков в размер заготовки, проточить торцовые поверхности.

Отмеченные недостатки рычажных и клиновых патронов потребовали создания переналаживаемых патронов. К ним могут быть отнесены быстропереналаживаемые клиновые патроны типа ПБК (рис. 87). У патронов этого типа зажимной клиновой механизм дополнен винтовым. Основные кулачки *2* связаны с рабочими *5* с помощью точных винтов *4* с трапецеидальной резьбой. В основ-

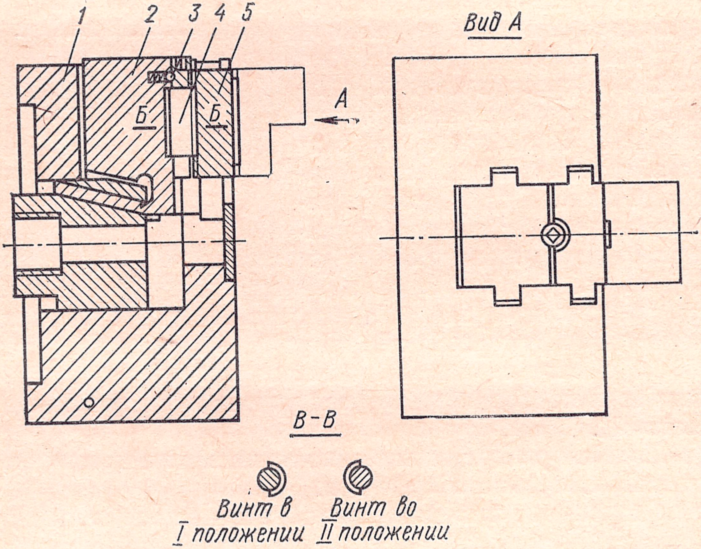


Рис. 87. Быстропереналаживаемый клиновой патрон типа ПБК

ных кулачках имеются опоры для винтов, а рабочие кулачки снабжены поверхностью полугайки. Для рабочих кулачков в корпусе *1* имеются Т-образные пазы. При вращении каждого из трех винтов рабочие кулачки перемещаются в радиальном направлении. У винтов резьбовая поверхность полностью срезана на половине окружности. С помощью пружинного фиксатора *3* винтам приданы два положения: в первом резьба винта находится в зацеплении с гайкой, во втором — винт развернут на 180° и связь между основным и рабочим кулачками отсутствует. Во втором фиксированном положении винта рабочий кулачок может быть передвинут в радиальном направлении на любое расстояние от центра. Поворотом винта на 180° соединяют основной кулачок с рабочим в требуемом положении. Эти перемещения для каждого из трех рабочих кулачков осуществляются независимо, а фиксирование может осуществляться на любом расстоянии от центра, кратном шагу винта. Для того чтобы облегчить установку одинаковых расстояний для всех трех кулачков, на зеркале патрона нанесены кольцевые риски. Осевые упоры отделены от рабочих кулачков и выполнены в виде трех планок, крепящихся к корпусу в промежутках между основными и рабочими кулачками. Время переналадки патрона ПБК во много раз меньше, чем рычажных и клиновых других типов. Переналадка сводится к перемещению рабочих кулачков на требуемый размер и смене при необходимости осевых упоров.

Патроны быстродействующие описанных выше типов имеют силовой привод от пневматического или гидравлического цилиндра, установленного на заднем конце шпинделя станка и вращающегося вместе с ним. Конструкция и основные размеры пневматических цилиндров нормализованы (нормаль МН 3451—62). На рис. 88, *а* показан пневмоцилиндр с воздухопроводящей муфтой, рассчитанной на максимальную частоту вращения шпинделя до 1200 об/мин.

Цилиндр состоит из корпуса *4* с крышкой *5*, поршня *3* со штоком *7* и воздухопроводящей муфты *М*. В отверстии корпуса сцентрирован и затянут гайкой *1* опорный валик *2* муфты с установленными на нем уплотняющими манжетами *11* V-образного сечения (рис. 88, *б*) и шарикоподшипником *9*, которые необходимы в связи с тем, что корпус муфты во время вращения цилиндра с опорным валиком должен оставаться неподвижным. Между каждой парой манжет заложены распорные кольца *10* с радиальными отверстиями для прохода воздуха, для фиксации манжет имеется упорное кольцо *8*.

В центральное отверстие валика *2* запрессован воздухопроводящий палец *6*, а на шарикоподшипнике установлен сборный корпус воздухопроводящей муфты с резьбовыми отверстиями *К* 1/4″ под штуцера для присоединения резиновых шлангов.

Сжатый воздух при подаче через левое отверстие по каналам попадает в правую полость цилиндра, и поршень со штоком перемещается в левое крайнее положение, как показано на рис. 88, *а*. При переключении распределительного крана воздух поступает в правое отверстие муфты и по каналам попадает в левую полость цилиндра, перемещая поршень вправо. Поршень, шток и крышка цилиндра уплотнены круглыми резиновыми кольцами.

При частоте вращения шпинделя до 2000 об/мин конструкция воздухопроводящей муфты существенно изменяется.

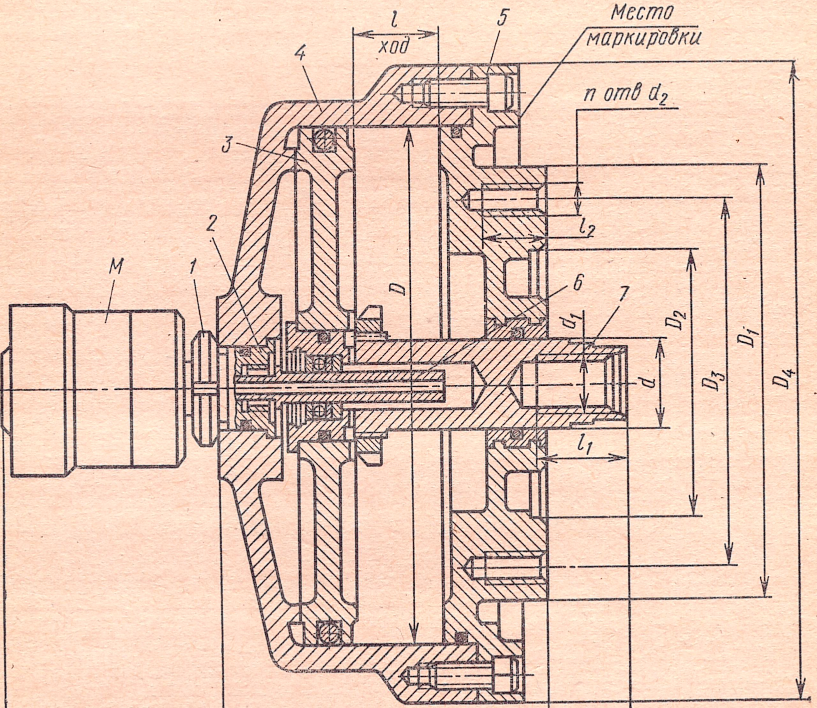
В табл. 3 даны основные размеры нормализованных вращающихся цилиндров (см. рис. 88).

Расчетное усилие на штоке цилиндра в зависимости от давления воздуха приведено в табл. 4.

Действительные усилия на штоке вследствие потерь на трение будут меньше расчетных на 10—15%.

С помощью цилиндров данной конструкции двустороннего действия патроны могут работать как на сжатие при тянущем усилии на штоке, так и на разжим при толкающем усилии на штоке. Толкающее усилие по величине несколько больше тянущего.

Нормалью МН 3451—62 предусмотрена конструкция сдвоенных цилиндров. Цилиндры имеют исполнение I и исполнение II (рис. 89). Тянущее усилие в цилиндрах обоих исполнений складывается из усилий, получающихся при давлении сжатого воздуха на оба порш-



а)

Рис. 88. Нормализованные

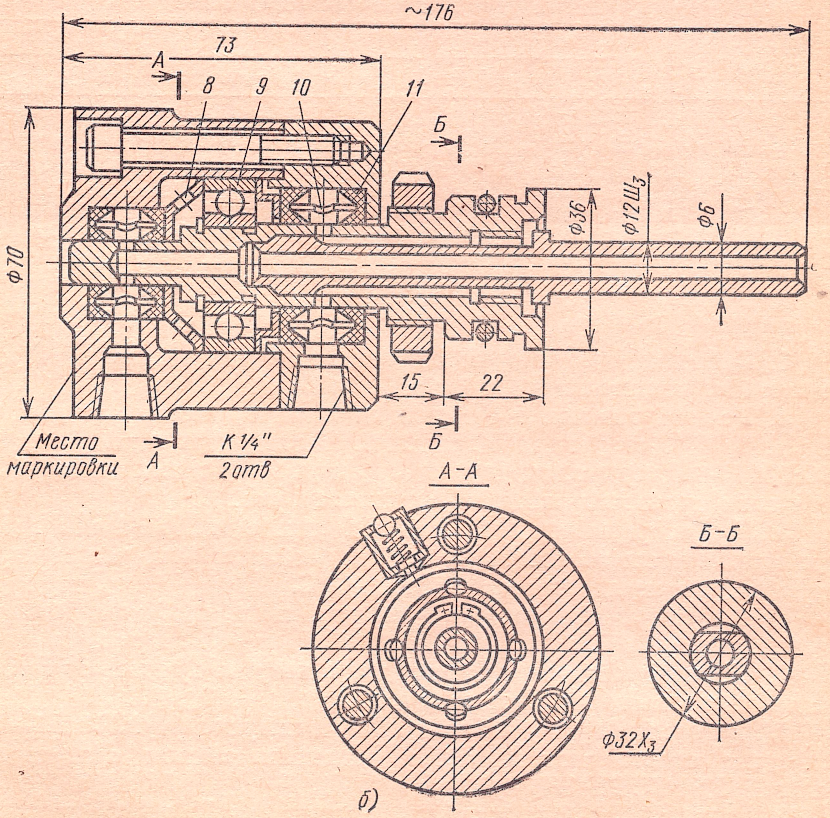
ня цилиндра. Толкающее усилие в цилиндрах исполнения I получается при давлении сжатого воздуха на один поршень, а в цилиндрах исполнения II складывается из давления на два поршня. Подвод сжатого воздуха к сдвоенным цилиндрам может осуществляться при помощи воздухопроводящей муфты по МН 3452—62 с максимальной частотой вращения до 1200 об/мин.

Вращающиеся цилиндры включаются в сеть по схеме, показанной на рис. 90. Обязательными элементами этой схемы являются влагоотделитель и маслораспылитель, служащие для очистки воздуха от влаги и смазки цилиндра распыленным маслом.

Во время эксплуатации вращающихся цилиндров необходимо выполнять периодически ряд проверок:

1. Цилиндры должны сохранять герметичность, падение давления не должно превышать 0,5 кГ/см² в течение 1 мин.

2. Перемещение штока из одного крайнего положения в другое в диапазоне рабочих давлений от 2 до 6кГ/см² должно осуществляться плавно, без рывков и заеданий. Скорость перемещения штока не должна превышать 0,5 м/с.



вращающиеся пневмоцилиндры

ТАБЛИЦА 3

D	D_1	D_2	D_3	D_4	d	d_1	d_2	l	l_1	l_2	l_3	L	Масса, кг	
													исп. I	исп. II
100 125	— 165	— 75	— 110	130 162	— 25	— М16	— М10	— 30	— 30	— 20	— 25	— 122	3,4 4,2	4,2 5,0
150 200	165	100	140	190 240	30	М20	М12	35	35	25	30	129	5,9 7,9	6,7 8,7
250 300	200	125	170	290 340	40	М24	М16	45	45	30	40	152	12,2 17,3	— —

ТАБЛИЦА 4

Диаметр цилиндра D, мм	Давление в цилиндре, кГ/см²			
	3	4	5	6
	Тянущее усилие на штоке (без учета к. п. д.), кГ			
100	221	294	368	442
125	353	471	589	707
150	506	675	843	1012
200	919	1225	1531	1837
250	1435	1913	2392	2870
300	2083	2777	3472	4166

3. Давление, при котором ненагруженный шток начинает перемещаться, не должно превышать 0,4 кГ/см².

4. Усилия, развиваемые поршнем цилиндра, должны составлять не менее 85% от расчетной величины. В цилиндрах исполнения II МН 3450—62 корпус воздухопроводящей муфты должен легко и без заеданий проворачиваться на валике от руки.

5. При непрерывном вращении цилиндра в течение 4 ч на максимальном числе оборотов, установленном для муфты, нагрев корпуса муфты не должен превышать 50° С.

При эксплуатации следует проводить такие профилактические работы:

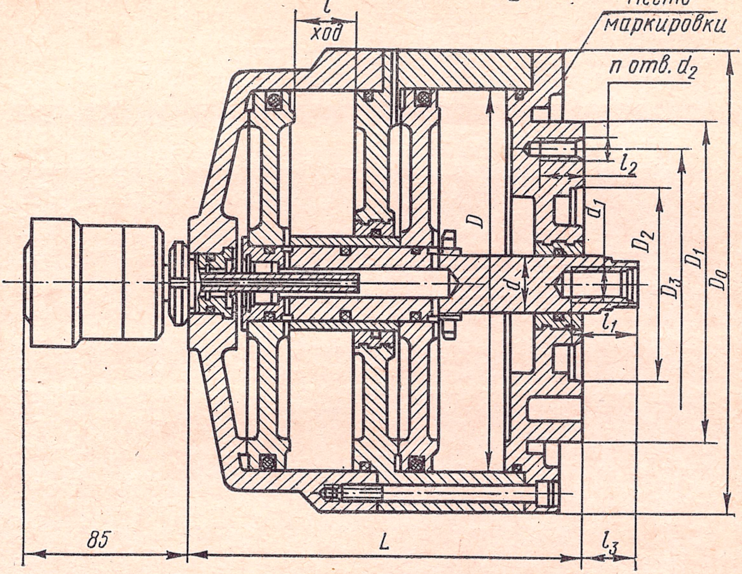
1. Все воздушные каналы один раз в квартал очищать от грязи и проверять на проходимость воздуха.

2. Трущиеся поверхности и воздухоподводящую муфту МН 3452—62 не реже одного раза в неделю смазывать маслом «Индустриальное 20» (ГОСТ 1707—61).

3. Следить, чтобы в цилиндрах исполнения II пресс-масленка была наполнена консистентной смазкой ЦИАТИМ-201 (ГОСТ

6267—59). Периодически, не реже одного раза в смену, поворотом винта заполнять смазкой канавки во втулке муфты.

Исполнение I



l
ход
Место маркировки
n отв. d_2
l_2
d_1
D
D_2
D_1
D_3
D_0
d
l_1
85
L
l_3

Исполнение II

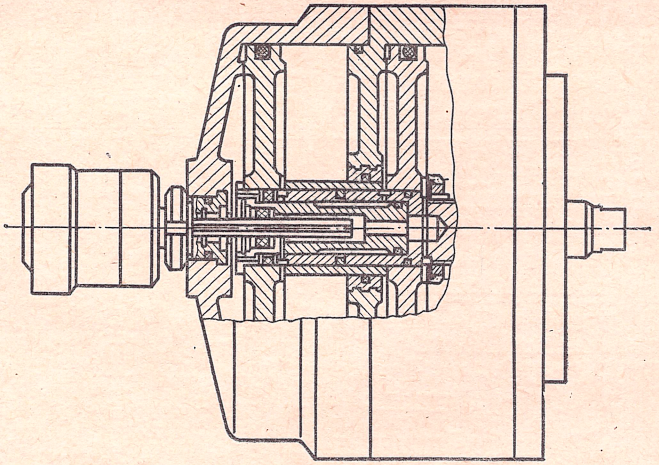


Рис. 89. Нормализованные сдвоенные вращающиеся пневмоцилиндры

4. В маслораспылитель доливать масло «Индустриальное 20».

5. Если уплотнения цилиндра быстро выходят из строя, необходимо найти и устранить причины, вызывающие их повышенный износ. Этими причинами могут быть: а) недостаточная подача смазки,

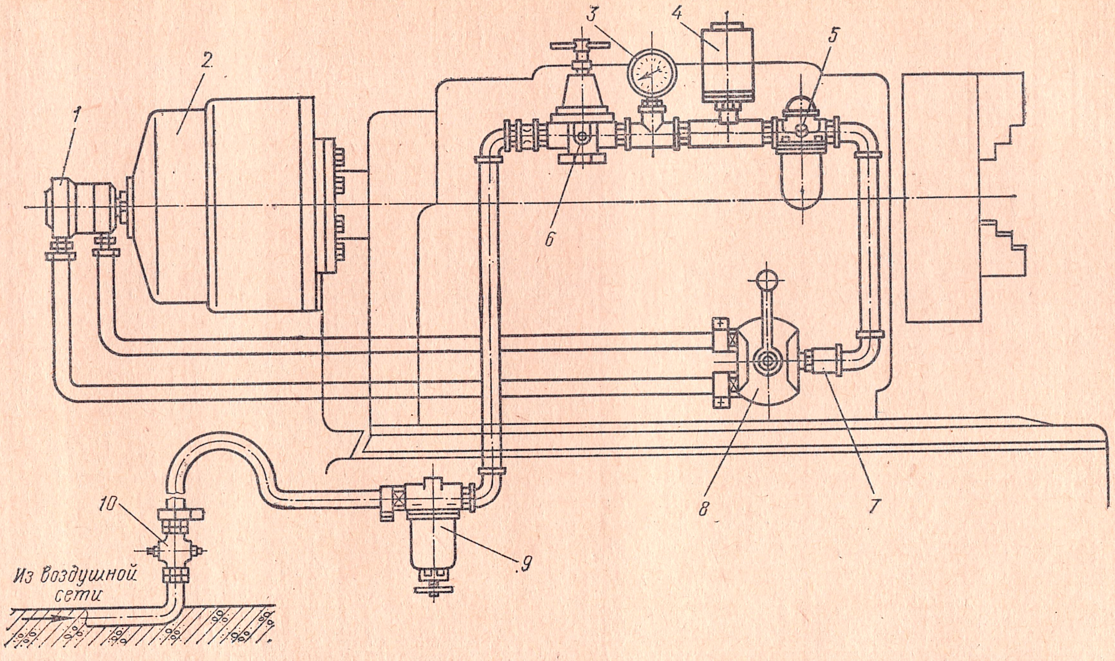

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
Из воздушной сети

Рис. 90. Схема подключения вращающихся пневмоцилиндров:

1 — муфта для подвода воздуха, *2* — цилиндр вращающийся, *3* — манометр, *4* — реле давления, *5* — маслораспылитель, *6* — регулятор давления, *7* — клапан обратный, *8* — кран, *9* — влагоотделитель, *10* — вентиль б) попадание грязи в цилиндр, в) наличие царапин или зазубрин на рабочих поверхностях корпуса и штока, г) появление коррозии на деталях из-за попадания влаги в цилиндр.

6. Цилиндр должен быть строго соосен со шпинделем станка, крепежные болты должны быть затянуты и законтрены.

За счет применения алюминиевых сплавов для изготовления корпусов цилиндры имеют сравнительно небольшую массу, что уменьшает нагрузку на шпиндельные подшипники станков. Крепятся цилиндры к шпинделям с помощью переходных фланцев (рис. 91). Фланец *3* навинчивается на резьбу на заднем конце шпинделя и центрируется с посадкой *X* на цилиндрическом пояске. Воздушный цилиндр крепится к переходному фланцу с помощью четырех или шести винтов. Чтобы предотвратить отвинчивание при реверсах шпинделя, целесообразно ввернуть стопорный винт *4*, упирающийся в шпиндель.

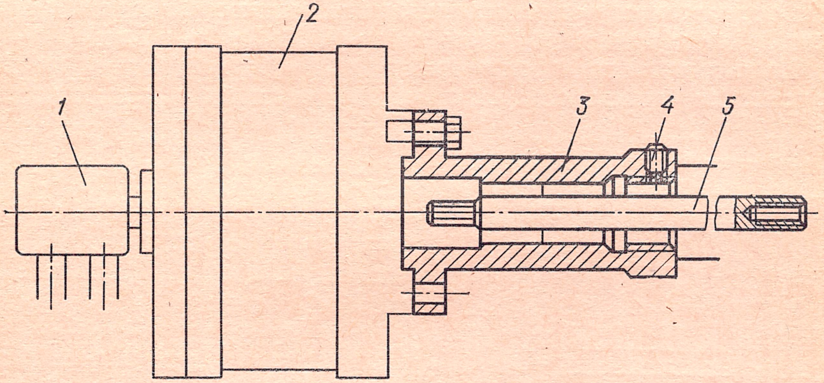


Рис. 91. Соединение вращающегося пневмоцилиндра со шпинделем:

1 — муфта, *2* — пневмоцилиндр, *3* — соединительный фланец со шпинделем, *4* — стопорный винт, *5* — тяга к патрону

Промежуточная тяга *5* пропускается через отверстие в шпинделе; своим левым концом она ввинчивается в шток цилиндра, а правым соединяется с патроном.

§ 5. ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ С ЧПУ

Существуют два вида вспомогательного инструмента, с помощью которого резцы и сверла закрепляются в суппорте станка: инструментальные державки и резцовые оправки. При использовании инструментальных державок (резцовых блоков) применяют режущий инструмент общего назначения, т. е. такой инструмент, которым обычно работают на станках с ручным управлением. Режущий инструмент настраивают, изменяя положение его в инструментальной державке (рис. 92). Если в суппорте станка (револьверной головке) закреплены резцовые оправки, то в них устанавливают настроенные на размер малогабаритные резцовые вставки (рис. 93). Режущий инструмент в этом случае подобен тому, которым работают на автоматических линиях. Вставки имеют устройства для регулировки положения режущей кромки относительно базовых поверхностей оправок. В настоящее время в большинстве современных станков используются для закрепления резцов инструментальные державки (резцовые блоки), так как в этом случае не возникает необходимости в специальном режущем инструменте и можно работать обычными резцами.

Из большого количества требований, которые предъявляются к резцовым блокам, следует отметить два таких: а) возможность

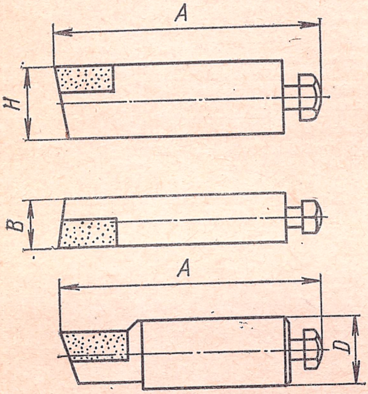


Рис. 92. Резцовый блок без предварительной настройки на размер

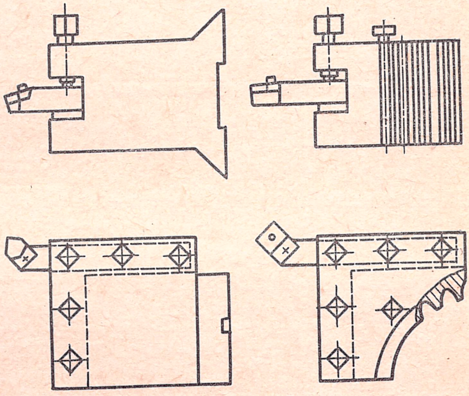


Рис. 93. Резцовые вставки с предварительно настроенными размерами A

точной и стабильной установки блока в суппорте станка, повторяемость установки должна быть в пределах 0,001—0,003 мм; б) малая масса блока.

Установочными поверхностями у резцовых блоков служат чаще всего призмы, зубчатые рейки, элементы внутреннего и наружного венцов цилиндрических зубчатых колес и др. Рабочие поверхности резцовых блоков закалены до высокой твердости, что обеспечивает их высокую долговечность.

В станках с ЧПУ часто используются сборные резцы с механическим креплением многогранных неперетачиваемых быстросменных пластинок из твердого сплава (рис. 94). Резцы с трехгранной пластинкой (рис. 94, *а*) подобны подрезным, с четырехгранной (рис. 94, *б*) — проходным с главным углом в плане 45°, с пятигранной (рис. 94, *в*) — проходным с главным углом в плане 60°. Твердосплавную пластинку закрепляют с помощью клина и винта, пластинку базируют на цилиндрический штифт по центральному отверстию $\varnothing$ 6 мм. Выпускаемые промышленностью пластинки различаются по марке твердого сплава и по размерам, которые характеризуются диаметрами описанных вокруг граней окружностей (14, 18, 22, 27 мм). Получают пластинки спеканием в специальных пресс-формах, обработке чаще всего подвергают плоскость основания и по передней грани — ленточку, примыкающую к режущей кромке. Особенность неперетачиваемых пластинок в том, что при эксплуатации нет необходимости в заточке. После затупления одной режущей грани необходимо развернуть пластинку, введя в работу другую грань.

При повороте пластинки вершина режущей кромки может занять положение, отличающееся от предыдущего на величину до 0,2 мм. Для предотвращения брака при повороте пластинки следует пользоваться соответствующими корректорными переключателями.

Используя корректоры положения, получают размеры в поле допуска, не прибегая к снятию резцового блока со станка для подстройки в приспособлении. Долговечность одной державки позволяет работать с несколькими десятками пластинок. Для повышения долговечности резцов их оснащают твердосплавными подкладками *6* под твердосплавной быстросменной пластинкой. Твердосплавные подкладки устойчивы к истиранию стружкой, кроме того, появляется возможность восстанавливать державку путем замены подкладки.

Наилучшие результаты обработки можно получить при использовании следующих резцов:

1) проходных с подкладками с механическим креплением, трех, четырех- и пятигранных неперетачиваемых пластинок твердого сплава;

2) копировальных с механическим креплением правильных трехгранных пластинок твердого сплава с подкладками;

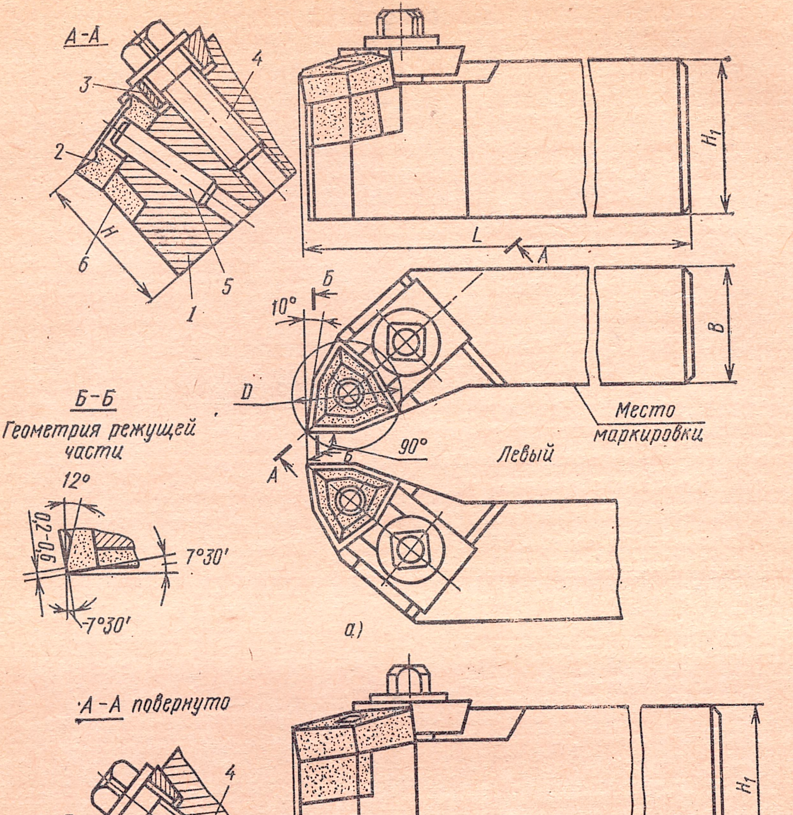
3) копировальных с механическим креплением параллелограммных неперетачиваемых пластинок твердого сплава с подкладками;

4) расточных с механическим креплением трех- и четырехгранных неперетачиваемых пластинок твердого сплава с подкладками;

5) канавочных для проточки наружных, внутренних и торцовых канавок с механическим креплением пластинок твердого сплава специальной формы.

Первые три вида резцов используются при обработке наружных поверхностей. Все перечисленные инструменты бывают как правого, так и левого исполнения. Интересно отметить, что этим ограниченным набором резцов можно обработать на станках с ЧПУ поверхности практически любых форм.

Срок работы пластинки можно значительно удлинить, если периодически производить доводку граней алмазным надфилем. Доводка граней и возможность легко поддерживать обрабатываемый размер в поле допуска с помощью корректоров положения значительно повышают период стойкости каждой грани твердосплавной пластинки, что делает применение сборных резцов на станках с ЧПУ чрезвычайно эффективным.


А-А
3
4
2
6
Н
5
1
H₁
L
А
Б
10°
D
В
Б-Б
Геометрия режущей части
12°
0,2-0,6
7°30′
7°30′
90°
Б
А
Место маркировки
Левый
а)
А-А повернуто
3
4
2
I
5
1
H₁
L
45°
В=22
≈Φ22
45°
I
Геометрия режущей части
Место маркировки
Вид Б
А
4°
90°
Н
А
10°
0,2-0,6
-10°
10°
Левый
б)

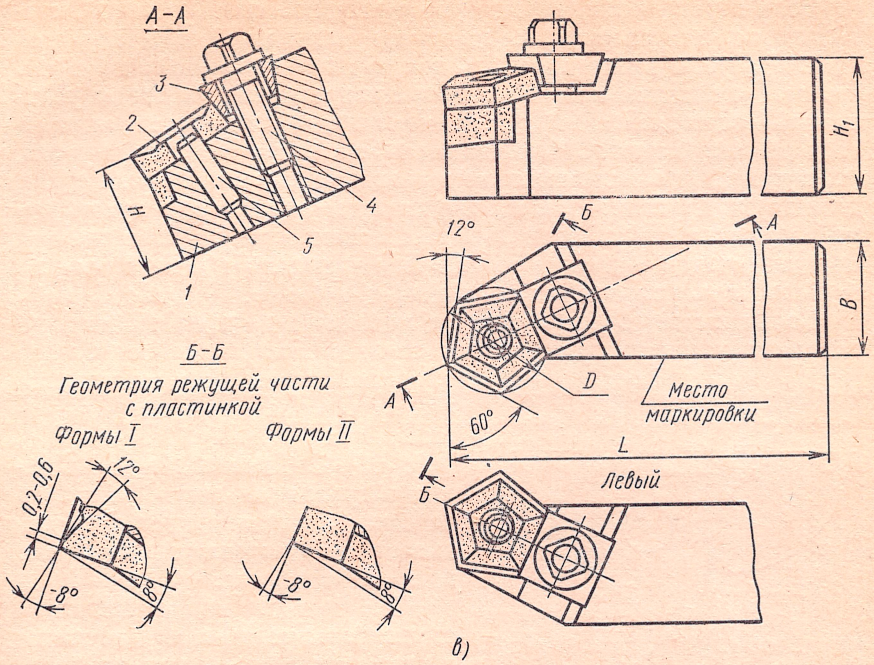


Рис. 94. Сборные резцы с механическим креплением неперетачиваемых пластинок:

а — трехгранные пластинки, *б* — четырехгранные пластинки, *в* — пятигранные пластинки; *1* — державка, *2* — твердосплавная пластинка, *3* — клин, *4* — винт затяжки клина, *5* — базирующий штифт

Практически работа каждой гранью идет до полного износа. Как определить момент, когда следует сменить режущую грань? Если размеры, геометрическая форма (конусность, овальность) и шероховатость обрабатываемой поверхности находятся в допустимых техническими требованиями чертежа пределах, то сигнализировать о чрезмерном затуплении режущего лезвия может высокочастотная вибрация, которая не заметна в виде следов дробления на обработанной поверхности, но проявляется в виде сопровождающего резание звука, напоминающего свист.

Наладчик станка должен усвоить, что качество резца во многом влияет на качество обработанной поверхности. Если влияние заточки резца на шероховатость общеизвестна, то менее ясен механизм получения точных размеров при работе настроенным вне станка инструментом.

Возникающие при резании силы воздействуют на обрабатываемую заготовку, резец и через него на суппорт и другие узлы станка. Эти силы вызывают деформацию упругой системы и неизбежные отклонения от запрограммированных размеров.

Мы здесь вновь сталкиваемся с понятием жесткости системы СПИД (станок—приспособление—инструмент—деталь).

Если перемещение, вызываемое суммарной силой резания, совпадает по направлению с действием радиальной составляющей силы P_y, то принято называть такую жесткость *положительной*. Если перемещения противоположны направлению действия радиальной составляющей P_y, то такое явление называется *отрицательной* жесткостью. Объяснение этому явлению можно найти в том, что перемещения вызываются не только действием составляющей P_y, но и двумя другими: P_z и P_x. Отрицательная жесткость при токарной обработке может вызвать нежелательные результаты, так как при увеличении нагрузки резец будет врезаться в металл, снимая больший припуск, что может привести к браку.

Большинство сборных резцов с механическим креплением твердосплавных пластинок обладают отрицательной жесткостью. Это объясняется разворотом пластинки вокруг штифта под действием составляющей силы резания P_x (рис. 95). Следовательно, повышение нагрузки на резец, например за счет увеличения припуска, вызывает не отжимы, а, наоборот, врезание в металл.

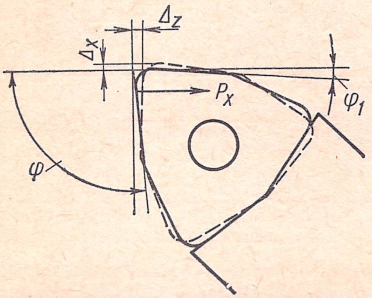


Рис. 95. Схема отрицательной жесткости при механическом креплении пластинок:

Δ_x и Δ_z — перемещение режущей кромки резца под действием силы P_x

При работе на программном станке большое значение для достижения точности имеет правильность геометрической формы рабочей части резца. Рассмотрим это положение на конкретных примерах:

1. Резцы с трехгранной пластинкой твердого сплава используют при одной и той же установке в блоке для проточки наружных цилиндрических поверхностей и подрезки торцов. Правильно располагая пластинки относительно координатных осей станка, получают углы в плане $\varphi = 95°$ и $\varphi_1 = 5°$ как при проточке, так и при обработке торцов (рис. 95).

Если же пластинка будет развернута относительно единственно правильного положения, то при торцовке или при проточке угол φ_1 получится слишком малым, что отразится на качестве обработанной поверхности.

2. Пластинки твердого сплава имеют при вершине стандартные радиусы закругления 0,6; 0,8 и 1,0 мм.

Цилиндрические поверхности при точении образуются точкой A резца, торцовые поверхности — точкой B, а точки, лежащие на поверхностях, расположенных под углом к координатным осям, образуются точками C, D и другими на радиусе при вершине резца. Этот факт следует учитывать при программировании обработки конических и криволинейных поверхностей.

Если радиус при вершине будет иметь отклонения от заданной величины, то при обработке деталей сложных профилей будут получаться отклонения от требуемой формы в продольном сечении, причем величины погрешностей соизмеримы с величинами неточностей в размерах радиуса при вершине резца.

Наладчик станка должен уметь по ряду внешних проявлений определять рациональность запрограммированных режимов резания и уметь с помощью корректоров режимов улучшать условия обработки. Прежде всего для улучшения обработки используют коррекцию подачи.

Если при точении образуется сливная стружка, которая плохо удаляется от резца и может быть причиной поломки режущей пластинки, то добиться дробления стружки можно за счет увеличения подачи.

Если шероховатость поверхности находится ниже требований технических условий на обрабатываемую деталь, то уменьшить шероховатость поверхности можно за счет снижения величины подачи.

При возникновении вибрации, сопровождающейся специфическим звуком (гудение при низких частотах, свист при высоких) или узором на обработанной поверхности, вывести систему из зоны вибраций можно, увеличивая подачу.

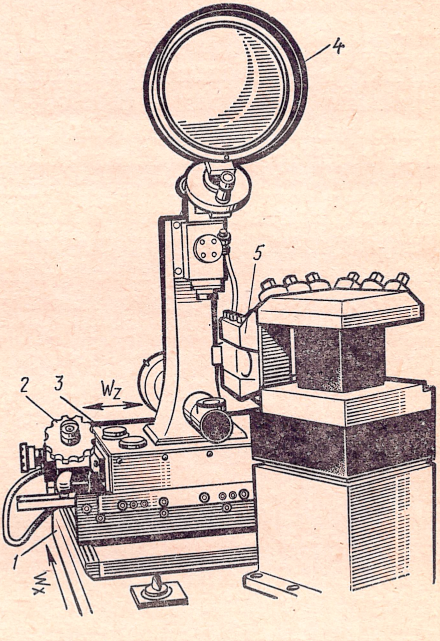


Рис. 96. Оптическое приспособление для настройки резцовых блоков на размер

Как указывалось выше, настройку режущих инструментов на размер производят на специальных приспособлениях, из которых наиболее совершенными являются оптические (рис. 96), позволяющие устанавливать вершину резца в требуемые координатные размеры с очень высокой точностью. Приспособление состоит из основания *1*, подвижной по двум координатам оптической части и подставки для закрепления блока с режущим инструментом *5*. Подвижная часть состоит из нижней и верхней кареток *3*, двух точных линеек отсчета координатных перемещений, двух отсчетных микроскопов *2*, подставки и проектора с 30—100-кратным увеличением *4*.

Резец на размер настраивают следующим образом:

1. Нижнюю каретку по отсчетному микроскопу устанавливают в координатный размер W_x.

2. Верхнюю каретку по своему отсчетному микроскопу устанавливают в размер W_z.

3. Наблюдая за вершиной резца на экране проектора, смещают резец в инструментальном блоке так, чтобы его вершина вписалась в перекрестие экрана проектора.

4. Закрепляют резец зажимными винтами.

§ 6. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ С ЧПУ

Система планово-предупредительных ремонтов, предусматривающая периодическое проведение осмотров, малых, средних и капитальных ремонтов в строго установленные графиками сроки, в совокупности с ежедневным обслуживанием позволяет поддерживать металлорежущие станки любых типов, включая программные, в работоспособном состоянии. Наладчик программного станка принимает непосредственное участие в выполнении работ ежедневного обслуживания, осмотрах, малых и аварийных ремонтах. Он должен в совершенстве знать конструкцию механической, электрической и гидравлической систем станка и взаимодействие их в работе. Наладчик станка использует в своей деятельности техническую документацию по станку, прежде всего руководство по уходу и обслуживанию. Познакомимся более подробно с конструкцией двух моделей токарных станков с ЧПУ и основными видами работ по обслуживанию и регулированию их.

Токарный патронный станок РТ725Ф3

Рязанский станкостроительный завод выпускает несколько модификаций станков данной модели. Первоначально станок был оснащен системой числового программного управления «Контур-3П», модификация РТ725Ф301 оборудована системой «Контур-2ПТ» (рис. 97), модификации РТ725Ф302 и РТ725Ф316 — соответственно системами ЭМ-907 и французской фирмы «Алкатель». Модификации имеют некоторое различие в исполнении механической части и приводов подач.

Техническая характеристика станков приведена ниже:

Диаметр обрабатываемого изделия, мм	400
Наибольший диаметр устанавливаемого изделия над станиной, мм	730
Наибольшая длина устанавливаемого изделия, мм	180
Наибольшая длина поперечного хода (перемещение каретки по станине), мм	445
Наибольшая длина продольного хода (ползушки по каретке), мм	380
Расстояние от торца трехкулачкового патрона до торца каретки, мм	115
Количество рабочих позиций револьверной головки	6
Длина обточки наружной поверхности при шести установленных в револьверной головке блоках, мм	150
Максимальная длина расточки, мм	120

Пределы чисел оборотов шпинделя при прямом и обратном вращении, об/мин:	
I диапазон	5—63
II диапазон	20—250
III диапазон	80—1000
Диапазон изменения величин подач	1 : 1000
Величина перемещения на один импульс, мм:	
в продольном направлении	0,01
в поперечном направлении	0,02
Мощность главного привода, кВт	13

Станок данной модели предназначен для обработки деталей в патроне. Превышение возможного диаметра обработки над длиной позволяет обрабатывать на станке детали типа фланцев, заготовки зубчатых колес, диски. Станок имеет высокий уровень автоматизации; кроме программирования формообразующих движений по поперечной координате *X* и продольной *Z* программа управляет выбором любой из шести рабочих позиций револьверной головки, переключением чисел оборотов и реверсированием шпинделя, включением и выключением охлаждающей жидкости. Пульт программного управления позволяет выбирать ряд ручных и автоматических режимов, с которыми мы ознакомились на примере системы ЭМ-907. Через пульт программного управления по каждой из координат в программу можно ввести достаточное количество корректоров положения. Станок имеет фиксированные нулевые положения, в которые можно вернуть суппорт в режиме «*От станка*». Стабильность возврата в нулевые положения по обеим координатам ± 0,005 мм.

На станке можно обрабатывать цилиндрические, конические и криволинейные поверхности. Зажим обрабатываемого изделия механизирован за счет использования быстродействующего пневмопатрона.

Привод подач на станках всех модификаций кроме станка РТ725Ф316, шаговый электрогидравлический.

Станок имеет лобовое исполнение, т. е. направляющие станины имеют поперечное относительно оси шпинделя расположение, а продольный ход инструмента осуществляется за счет перемещения ползушки по направляющим каретки. Вращение шпинделю передается от электродвигателя, помещенного внутри основания, с помощью клиновых ремней — на входной вал автоматической коробки скоростей (АКС), с выходного вала АКС с помощью зубчатой цепи вращение передается на входной вал шпиндельной бабки. АКС может по программе иметь девять чисел оборотов, в шпиндельной бабке за счет переключения зубчатых блоков это количество может быть утроено. Переключение диапазонов может быть выполнено только в режиме «*От станка*». Привод продольного и поперечного движения осуществляется через безлюфтовые редукторы на шариковые винтовые пары. Выборка зазоров в зубчатых передачах редукторов производится за счет сближения в осевом направлении двух косозубых колес, одно из которых сидит на ступице другого и оба сцепляются с широким зубчатым колесом другого вала редук-

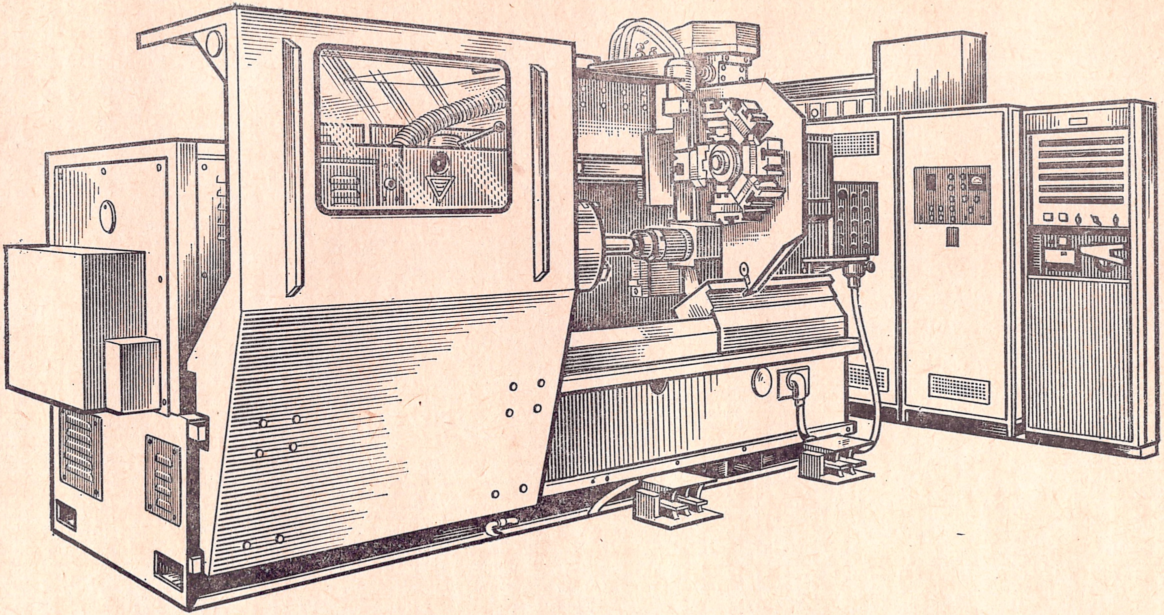


Рис. 97. Токарный станок РТ725Ф301 Рязанского станкостроительного завода с системой управления «Контур-2ПТ»

тора. Между торцами колес находятся компенсаторные закладные шайбы. Для уменьшения зазора в зубчатом зацеплении необходимо ослабить винты, стягивающие между собой колеса, и прошлифовать компенсаторные шайбы. Величина осевого сближения зависит от угла наклона зуба (приведена в руководстве по станку).

Смазка станка проводится централизованно от нескольких насосов. Станция смазки, обслуживающая переднюю бабку и АКС, расположена сзади станка и стыкована со станиной.

Смазка направляющих, редукторов, винтовых пар качения и их опор осуществляется от плунжерного насоса, расположенного в корпусе каретки. Насос работает только при движении каретки.

Шестипозиционная револьверная головка с электромеханическим приводом (рис. 98) состоит из следующих основных элементов: корпуса *11* головки, электродвигателя *4*, редуктора привода *10*, основания *16*, фиксирующего устройства оси *9*, сменных резцовых блоков и электрического командоаппарата. Резцедержавка установлена на верхней плоскости ползушки. Фиксирующее устройство головки состоит из двух плоских зубчатых колес *14* и *15*, четырех жестких пружин *12* и фиксатора *13*. Плоское колесо *14* жестко скреплено с корпусом *11*, второе колесо *15* скреплено с основанием *16*.

От электродвигателя *4* вращательное движение передается через два цилиндрических колеса и червячную пару редуктора *5* (общее передаточное отношение 1 : 80) на выходной вал *3* редуктора, выполненного в виде гильзы. В верхней части вал *3* на наружной цилиндрической поверхности имеет шесть углублений для привода толкателей *1* командоаппарата. В нижней части этот вал выполнен в виде двухзубой торцовой муфты, сопрягающейся с другой торцовой муфтой *6*. Муфта *6* имеет зубчатый венец, такой же венец имеет втулка *7*, через эти венцы с помощью кольца *8* с внутренним зубчатым венцом движение поворота передается корпусу головки.

Пружины *12* стремятся поднять корпус головки кверху, прижимая наклонную поверхность муфты *6* к наклонной поверхности выходного вала редуктора. Цикл работы головки заключается в следующем: при вращении выходного вала редуктора его наклонная поверхность отходит от наклонной поверхности муфты *6*, корпус *11* головки под воздействием пружин *12* поднимается вертикально вверх, сохраняя контакт между торцовыми наклонными поверхностями муфты *6* и выходного вала *3* редуктора. После того как разъединятся полностью зубья плоских колес *14* и *15*, выходной вал *3* редуктора своим вертикальным уступом через вертикальный уступ муфты *6*, кольцо *8* и втулку *7* приведет во вращение корпус *11*. При достижении заданной позиции электрический командоаппарат дает команду на реверс двигателя. Наклонная поверхность выходного вала редуктора за счет сил трения увлекает во вращение в обратную сторону муфту *6* и корпус *11* головки. Поворот продолжается до упора одного из шести уступов, выфрезерованных в корпусе *11*, в фиксатор *13*. Следует сказать, что при прямом вращении скосы корпуса и фиксатора заставляли последний опускаться, не создавая помех для вращения. Натолкнувшись на фиксатор *13*, корпус *11* головки не может поворачиваться.

Наклонная поверхность выходного вала *3* редуктора, продолжая поворот, давит вертикально вниз через муфту *6* на корпус *11*

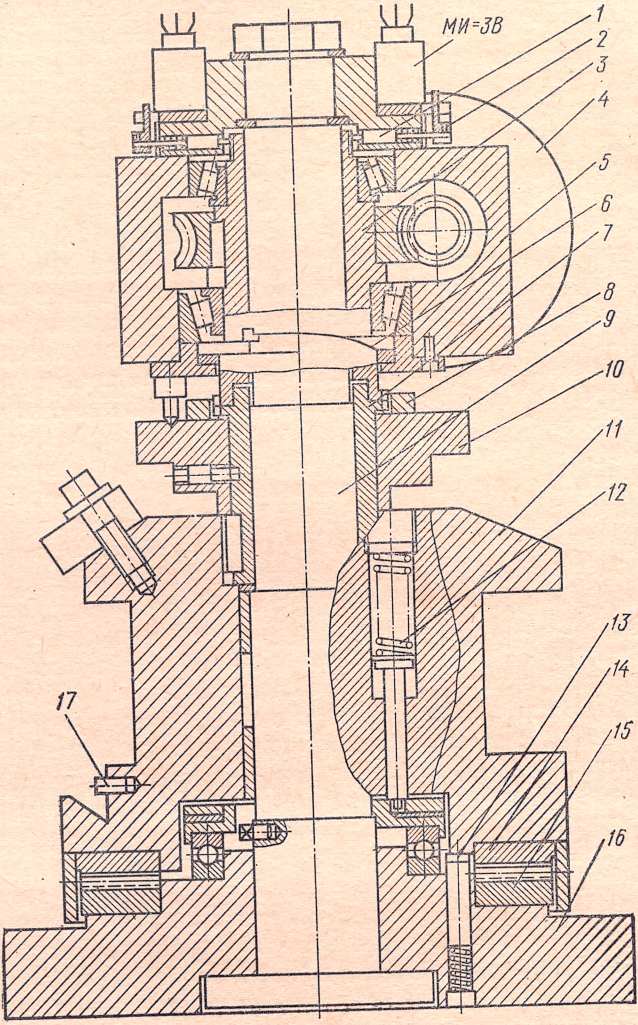


Рис. 98. Шестипозиционная револьверная головка с электромеханическим приводом

головки, который опускается до полной фиксации головки по зубьям плоских колес *14* и *15*. Таким образом, цикл работы головки состоит из следующих этапов: а) подъем вверх корпуса головки до расфиксированного положения, б) поворот корпуса с некоторым перебегом заданной позиции, в) поворот в обратную сторону, г) опускание вниз в фиксированное положение. Выключает электродвигатель реле максимального тока, обеспечивающее номинальное усилие зажима в 3000 кГ. Вертикальный ход поворотной части головки равен 5,5 ± 0,1 мм и регулируется на заводе-изготовителе.

Базирование резцовых блоков происходит по призматическим направляющим, блоки к корпусу револьверной головки прижимаются винтами через прокладку. Вдоль направляющих смещение блоков ограничено фиксирующим штифтом *17*. Смазка резцедержавки фитильная.

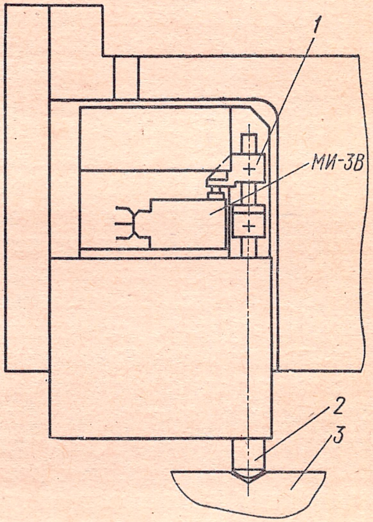


Рис. 99. Электрический командоаппарат

Четкая работа револьверной головки зависит от правильной регулировки электрического командоаппарата, обеспечивающего автоматический цикл работы. Командоаппарат (рис. 99) состоит из двух основных устройств: первое расположено в верхней части револьверной головки, второе расположено в нише редуктора.

Верхнее устройство имеет микропереключатели типа МИ-3В, по одному на каждую позицию револьверной головки. Они включают реверс электродвигателя поворота, когда поворотная часть достигает заданной позиции.

В нише редуктора заключены два микропереключателя: МИ-3А и МИ-3В. Кроме микропереключателей в командоаппарат входят толкатели *2* (см. рис. 99) и *1* (см. рис. 98), а также упоры *1* (см. рис. 99) и *2* (см. рис. 98).

На деталях *3* (см. рис. 99) и *10* (см. рис. 98) сделаны лунки, соответствующие позициям головки; при попадании толкателей *2* (рис. 99) и *1* (рис. 98) в лунки микропереключатели должны срабатывать. Регулирование заключается в перемещении вдоль оси толкателей упоров *1* (см. рис. 99) и *2* (см. рис. 98) и фиксировании их в нужном положении винтами.

Микропереключатель МИ-3В, расположенный в нише корпуса редуктора, должен срабатывать при полном зажиме корпуса револьверной головки, а микропереключатель МИ-3А должен срабатывать при подъеме корпуса на 2—2,5 мм и оставаться нажатым во время поворота головки.

Иногда при эксплуатации станка необходимо регулировать нормальную величину перебега поворотной части перед реверсом и зажимом путем смещения в угловом положении выходного вала *3* редуктора и муфты *6*, жестко связанной с корпусом *11* головки (см. рис. 98). Эту регулировку выполняют следующим образом:

а) приподнимают кольцо *8*, выводя его из зацепления с венцами муфты *6* и гильзы *7*;

б) между корпусом редуктора и корпусом головки кладут прокладку, исключающую подъем корпуса при вращении червяка редуктора;

в) вращают вручную червяк за шестигранник на его конце против часовой стрелки, замечая величину поворота выходного вала редуктора относительно зубчатой муфты *6*. Поворот на один зуб обеспечивает уменьшение угла перебега головки на 4—5°;

г) связывают выходной вал *3* редуктора и муфты *6* зубчатым кольцом *8*, застопоривают его;

д) вращают выходной вал червяка вручную по часовой стрелке до полного зажима корпуса головки, вынимают прокладку между корпусами головки и редуктора.

Станок РТ725Ф3 имеет фиксированные нулевые положения, это означает, что от кнопок на пульте управления станком «*Возврат в 0*» можно дать команду на перемещение суппорта отдельно по каждой координате в определенное настроенное положение. Обеспечивают точный возврат датчики нулевого положения, состоящие из датчиков грубого и точного отсчета. Датчик грубого отсчета представляет собой конечный выключатель и переставной регулирующий упор, скрепленный с подвижной частью суппорта. При нажатии на конечный выключатель происходит снижение скорости перемещения суппорта и дается команда на подготовку к работе датчика точного отсчета. Датчик точного отсчета установлен на одном из концов ходового винта. Непосредственно с торцом ходового винта скреплен пластмассовый диск, к которому приклепан сектор из листового алюминия. При каждом обороте ходового винта этот сектор проходит через прорезь бесконтактного датчика КВД-3, который при определенном взаимном положении сектора и выключателя дает команду на отключение привода подач. Грубая регулировка достигается за счет перемещения упора, воздействующего на конечный выключатель, причем нулевое положение при этом изменяется сразу на величину, равную или кратную шагу ходового винта. В пределах величины, равной шагу ходового винта, сместить нулевое положение можно за счет углового поворота диска с алюминиевым сектором относительно ходового винта станка.

Хотя операция настройки нового нулевого положения для наладчика, имеющего достаточный опыт, не представляет особых трудностей и занимает сравнительно небольшое время, все-таки время настройки можно сократить, если начинать работу из нулевого положения или из положений, отличающихся друг от друга на величину, кратную шагу ходового винта. При таком программировании достаточно будет только с невысокой точностью переставить упор грубого отсчета, не трогая диск с сектором на ходовом винте.

После пробного отвода суппорта в нулевое положение можно подкорректировать положение упора так, чтобы медленное перемещение суппорта до полной остановки было не более 2—3 мм.

Токарный станок 16К20Ф3С4

Станок модели 16К20Ф3С4 предназначен в основном для центровых работ и может обрабатывать в полуавтоматическом цикле наружные и внутренние поверхности деталей типа тел вращения со ступенчатым и криволинейным профилем самой различной сложности, а также нарезать резьбы.

Техническая характеристика станка 16К20Ф34

Наибольший диаметр обрабатываемого изделия над станиной, мм	400
Наибольший диаметр обрабатываемого изделия над суппортом, мм	220
Наибольший диаметр прутка, проходящего через отверстие в шпинделе, мм	50
Расстояние между центрами, мм	1000
Максимальная длина продольного перемещения каретки, мм	900
Максимальная длина хода поперечного суппорта, мм	250
Число рабочих скоростей шпинделя	12
Пределы чисел оборотов шпинделя, об/мин	35—1600
Число автоматически переключаемых скоростей	9
Диапазоны автоматического переключения	16
Ряды скоростей шпинделя, устанавливаемого вручную, об/мин:	
I	35—560
II	100—1600
Максимальная скорость продольной подачи при нарезании резьбы, мм/мин	614
Пределы шагов нарезаемых резьб, мм	до 10
Диапазон скоростей подач, мм/мин:	
продольной	3—1200
поперечной	1,5—600
Скорость быстрых ходов, мм/мин:	
продольной	4800
поперечной	2400
Дискретность перемещения, мм:	
продольной	0,01
поперечной	0,005
Высота резца, мм	25
Количество позиций на поворотной резцедержавке, шт.	6

Основные узлы и органы управления станка показаны на рис. 100, кинематическая схема — на рис. 101.

Основными узлами его являются основание, станина, передняя бабка, резцедержавка, задняя бабка, суппорт, автоматическая коробка скоростей, привод главного движения с моторной установкой, привод продольной подачи каретки суппорта, привод поперечной подачи суппорта (все приводы с редукторами), винтовые шариковые пары продольного и поперечного перемещения, узел исходного нулевого положения и установки путевых кулачков, привод датчика резьбонарезания, узел централизованной смазки и устройство для подачи охлаждающей жидкости, шкаф управления, пульт управления, система управления и гидростанция.

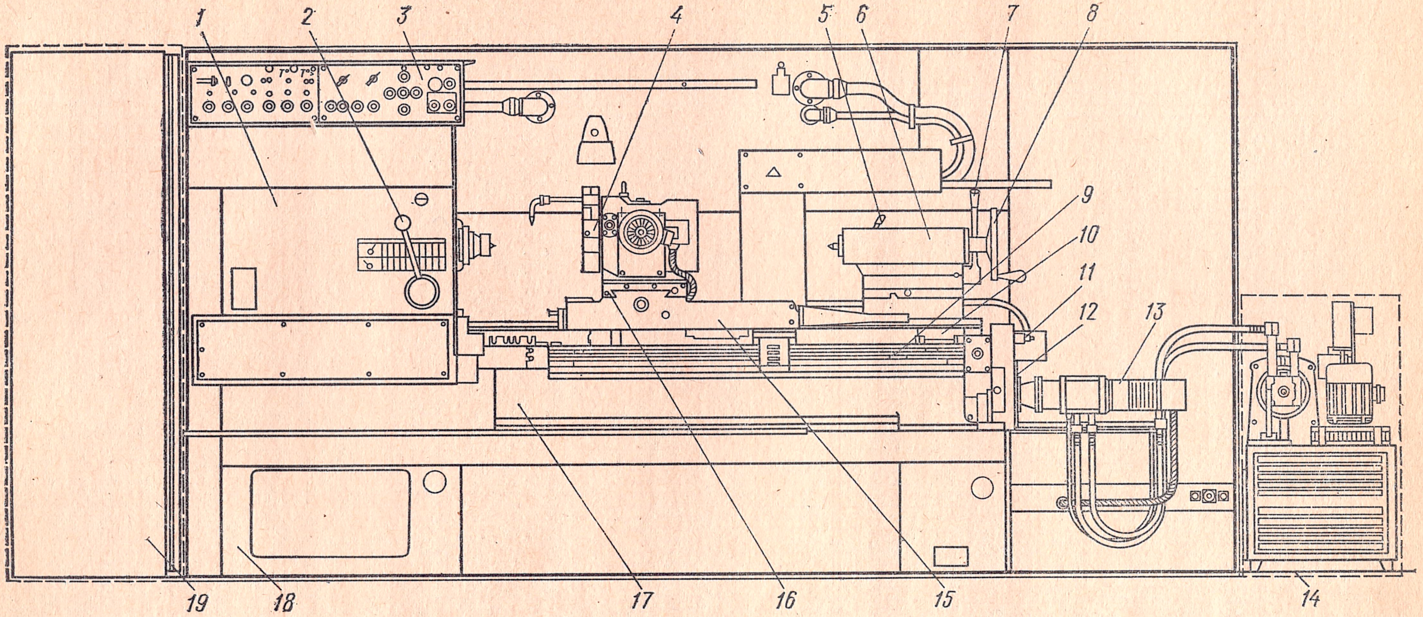


Рис. 100. Внешний вид токарного станка 16К20Ф3С4 Московского завода «Красный пролетарий»:

1 — передняя бабка шпинделя, *2* — рукоятка установки диапазона скоростей шпинделя, *3* — пульт управления, *4* — резцедержавка, *5* — рукоятка зажима пиноли задней бабки, *6* — задняя бабка, *7* — рукоятка закрепления задней бабки, *8* — маховичок перемещения пиноли задней бабки, *9* — узел исходного нулевого положения, *10* — винтовая шариковая пара продольного перемещения, *11* — квадрат под ключ для ручного продольного перемещения суппорта, *12* — привод продольного перемещения, *13* — шаговый двигатель, *14* — гидростанция, *15* — каретка суппорта, *16* — суппорт, *17* — станина, *18* — основание, *19* — система управления

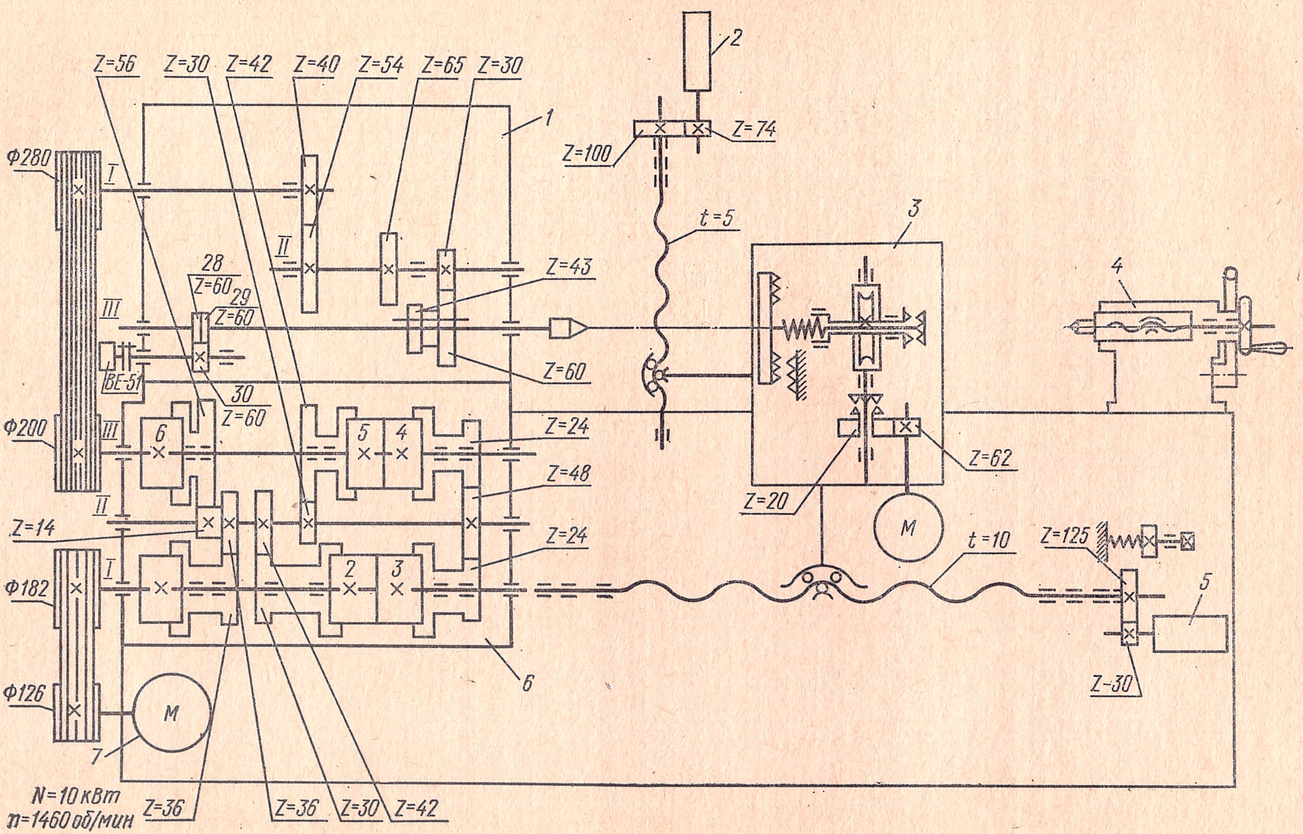

Z=56
Z=30
Z=42
Z=40
Z=54
Z=65
Z=30
2
Z=74
Z=100
1
Ф280
I
II
t=5
3
28
Z=60
29
Z=60
Z=43
4
III
BE-51
30
Z=60
Z=60
Ф200
III
6
5
4
Z=24
Z=62
Z=48
II
Z=14
Z=20
M
Z=125
t=10
Z=24
I
Ф182
2
3
5
6
Z-30
Ф126
M
7
N=10 кВт
n=1460 об/мин
Z=36
Z=36
Z=30
Z=42

Рис. 101. Кинематическая схема станка 16К20Ф3С4:

1 — шпиндельная бабка, *2* — гидроусилитель шагового привода поперечной подачи суппорта, *3* — шаговый привод поперечной подачи суппорта, *4* — задняя бабка, *5* — гидроусилитель продольной подачи суппорта, *6* — автоматическая коробка скоростей (АСК), *7* — двигатель привода шпинделя

Основание станка — монолитная отливка, на которой устанавливается станина. В левой нише основания размещена моторная установка, на задней стороне основания крепится автоматическая коробка скоростей. Средняя часть основания служит сборником для стружки и охлаждающей жидкости. Правый отсек является резервуаром для охлаждающей жидкости, в нем монтируется насос охлаждения.

Станина станка коробчатой формы с поперечными ребрами П-образного профиля, направляющие каленые, шлифованные. Для перемещения каретки служат неравнобокая призматическая передняя и плоская задняя направляющие, для задней бабки — передняя плоская и задняя неравнобокая призматическая направляющие. В правой части станины крепится привод продольной подачи.

Привод главного движения включает моторную установку с асинхронным электродвигателем, автоматическую — девятискоростную коробку скоростей АКС, шпиндельную бабку, соединенные клиноременными передачами (рис. 101). В шпиндельной бабке предусмотрено переключение вручную двух диапазонов скоростей с соотношением 1 : 3, что вместе с девятискоростной коробкой скоростей обеспечивает получение 18 скоростей шпинделя в диапазонах 35—560 и 100—1600 об/мин (по девять скоростей в каждом диапазоне) при основном исполнении станка с электродвигателем 1460 об/мин.

В передней бабке смонтирован шпиндель на двух конических роликоподшипниках. Смазка шпиндельной бабки централизованная, от станции смазки.

В передней бабке устанавливается датчик резьбонарезания.

Привод продольной подачи включает одноступенчатый редуктор, опоры ходового винта и шариковую передачу винт—гайка качения с условным диаметром 63 мм, шагом 10 мм. Редуктор имеет два исполнения: для гидравлического шагового привода и для установки электродвигателя постоянного тока.

Привод поперечной подачи монтируется на задней стороне каретки и состоит из приводного двигателя, одноступенчатого редуктора и шариковой передачи винт—гайка качения с условным диаметром 40 мм, шагом 5 мм. Редуктор имеет два исполнения: для электрогидравлического шагового привода и для установки электродвигателя постоянного тока.

Суппорт и каретка — традиционного типа, отличаются увеличением высоты каретки и суппорта для повышения жесткости и возможности установки шарикового винта поперечной подачи диаметром 40 мм.

Поворотная резцедержавка (рис. 102), шестипозиционная с горизонтальной осью вращения, установлена на поперечном суппорте. Специальная инструментальная головка имеет шесть резцов-вставок или три инструментальных блока.

Инструментальная головка (рис. 103) съемная, установлена на выходном валу *2* резцедержавки и жестко связана с подвижной частью *4* плоскозубчатой муфты (см. рис. 102).

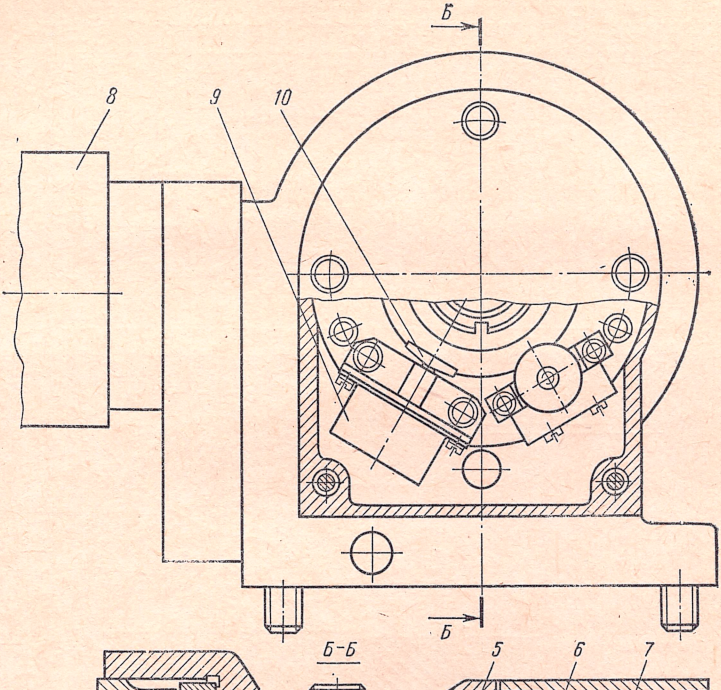

Б
8
9
10
Б
Б-Б
5
6
7
4
3
2
1
Ф40 $\frac{A}{Г}$
Ф75 Пп
Ф75 $\frac{A}{П}$
Ф135 Сп
Ф40 $\frac{X}{C}$
Ф50 $\frac{A}{П}$
Ф130 $\frac{A}{C}$
Ф40 $\frac{A}{C}$
Ф75 $\frac{A}{C}$

Рис. 102. Поворотная резцедержавка

Поворот осуществляется следующим образом: от электродвигателя *8* через червячную передачу вращение передается на кулачковую муфту *5*, другая половина которой *6* жестко связана с валом резцедержавки. В начале движения этой кулачковой муфты вал *2* подается влево, происходит расцепление плоскозубчатой муфты *1—4*, поворот в нужную позицию, что фиксируется показаниями соответствующих конечников *9*, на которые нажимают кулачки *10*, установленные на кольце *7*. После этого происходит реверс двигателя, муфта *5* начинает вращаться в другую сторону, а подвижная часть *4* плоскозубчатой муфты с инструментальной головкой от поворота удерживается фиксатором, затем кулачки полумуфты *5* упираются в кулачки полумуфты *6*, пружина *3* сжимается и подвижная часть *4* плоскозубчатой муфты фиксируется на зубьях неподвижной полумуфты, сигнал от конечника зажима *9* подается на

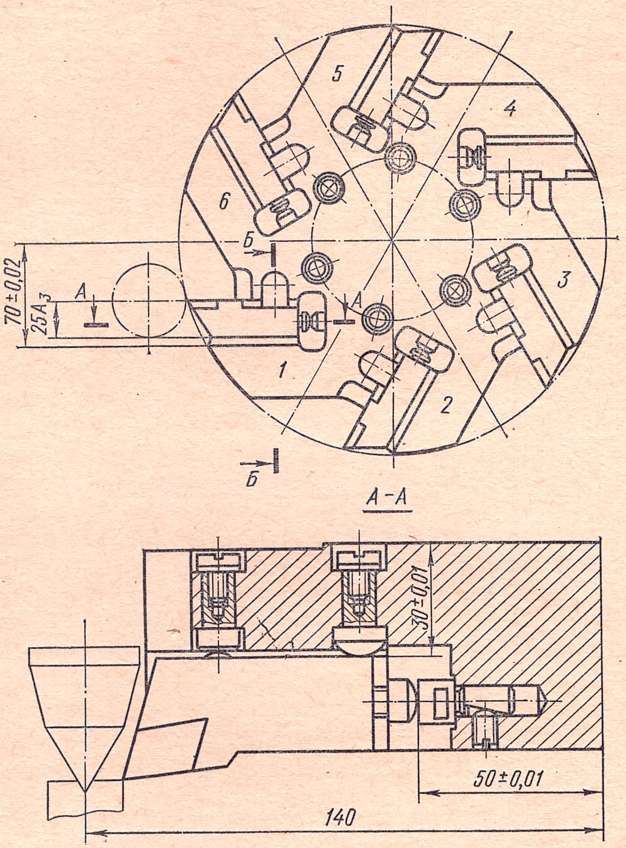


Рис. 103. Инструментальная головка и установка резцовых вставок:

1—6 — номера позиций револьверной головки пульт, отключая электродвигатель, и начинается рабочий цикл обработки.

Для ручного поворота и зажима резцедержавки при наладке станка предусмотрено гнездо под ключ.

Ограждение — неподвижное, щитового типа со съемными щитками с задней стороны станка, и переднее, подвижное, с прозрачным экраном для наблюдения, — полностью закрывает зону резания.

Поворотная резцедержавка рассчитана на установку съемных инструментальных блоков, предварительно настроенных на заданные размеры вне станка в специальных оптических приспособлениях БВ2010 или БВ2011.

Настройка инструментальных блоков в приспособлении БВ2010 показана на рис. 104.

Инструментальный блок *3* устанавливают в переходной плите *2*, которая монтируется на плите приспособления *1* с помощью эталонного блока так, чтобы при подводе каретки приспособления с визирным микроскопом *5* вершина эталонного блока совпадала с перекрестием осей в поле зрения микроскопа. При этом перед индикатором *6* отсчета по оси *X* должна быть установлена концевая мера, соответствующая расстоянию вершины эталонного блока от расчетной базовой плоскости резцедержавки. После закрепления переходной плиты на плите приспособления в указанном положении эталонный блок снимают, перед индикаторами приспособления устанавливают концевые меры, соответствующие требуемым по наладке настроечным размерам от базовых плоскостей резцедержавки до вершины резца. Каретку приспособления с визирным микроскопом подводят до нулевого положения по обоим индикаторам при установке указанных концевых мер. Настраиваемый блок устанавливают в переходной плите приспособления и настраивают таким образом, чтобы вершина инструмента совпадала с перекрытием осей в поле зрения микроскопа в указанном нулевом положении каретки микроскопа.

Настройку блоков в приборе БВ2011 с экранной оптикой производят аналогичным образом, но контроль за положением резца осуществляют по изображению на экране, а отсчет перемещения по двум точным линейкам — без применения концевых мер.

Инструмент настраивают следующим образом:

1. На плите прибора в кронштейне устанавливают эталонный инструмент.
2. Перекрестие микроскопа наводят на вершину эталонного инструмента.
3. Вместо эталона вставляют настраиваемый инструмент.
4. Поворотом регулировочных винтов вершину инструмента подводят в перекрестие микроскопа.

Органы управления, расположенные на пульте станка 16К20Ф3С4, показаны на рис. 105.

Важное значение для нормальной эксплуатации станка имеет правильная и регулярная смазка станка.

Смазку надо производить строго в соответствии с картой (табл. 5) и схемой смазки (рис. 106).

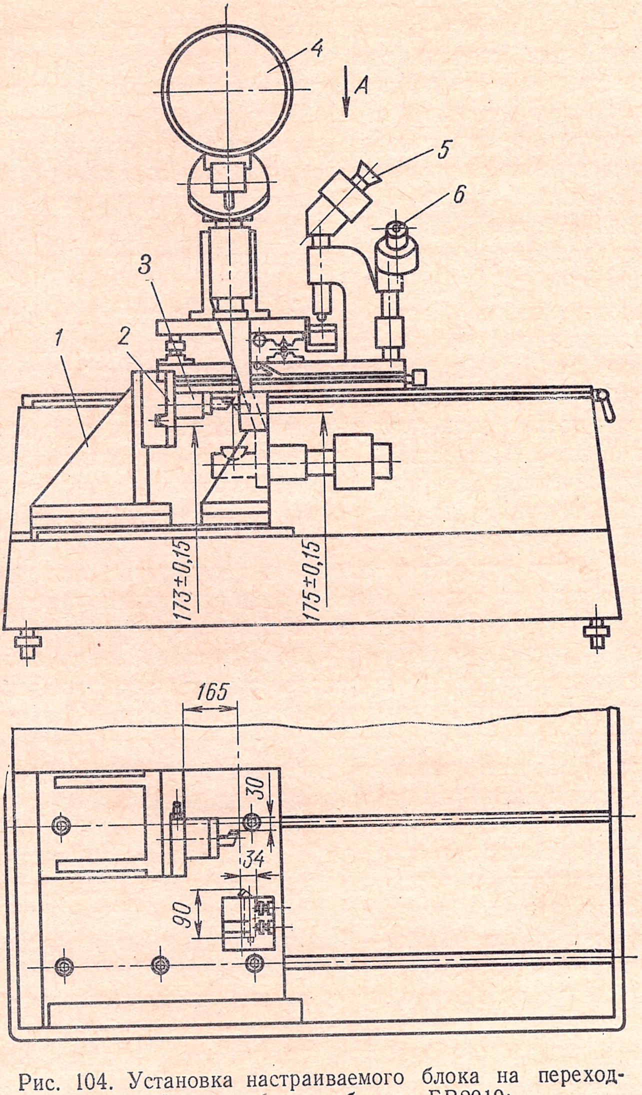


Рис. 104. Установка настраиваемого блока на переходной плите приспособления БВ2010:

1 — плита приспособления, *2* — переходная плита, *3* — инструментальный блок, *4* — оптический экран, *5*, *6* — микроскопы отсчета соответственно по осям *X* и *Y*

Система смазки шпиндельной бабки — автоматическая. Шестеренный насос, приводимый от электродвигателя главного привода через ременную передачу, всасывает масло из резервуара и подает его через сетчатый фильтр к подшипникам шпинделя и зубчатым колесам.

Примерно через 1 мин после включения электродвигателя главного привода начинает вращаться диск маслоуказателя. Его постоянное вращение свидетельствует о нормальной работе системы смазки.

Из шпиндельной бабки масло через сетчатый фильтр и магнитный вкладыш сливается в резервуар. В процессе работы необходимо следить за вращением диска маслоуказателя. При его останове необходимо тут же отключить станок и очистить фильтр, промыв его элементы в керосине (для снятия фильтра предварительно отсоединяют сливную трубу).

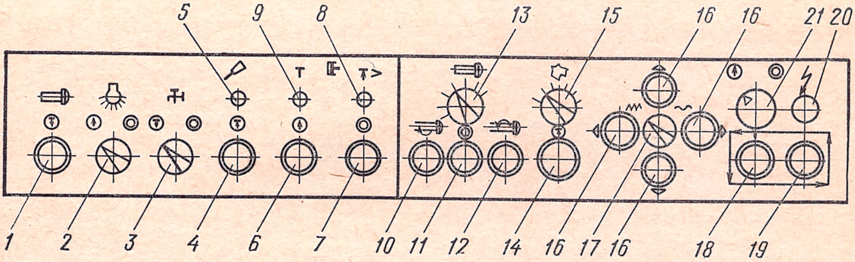


Рис. 105. Органы управления пульта станка 16К20Ф3С4:

кнопки: *1* — «*Толчок шпинделя*», *4* — «*Толчок смазки*», *6* — «*Пуск гидроагрегата*», *7* — «*Стоп гидроагрегата*», *10* — включения обратного вращения шпинделя, *11* — «*Стоп шпинделя*», *12* — включения прямого вращения шпинделя, *14* — включения поворота резцедержавки, *16* — рабочей подачи, *18* — «*Пуск цикла*», *19* — «*Стоп цикла*», *21* — «*Общий стоп*»; выключатели: *2* — освещения, *3* — охлаждения; лампы: *5* — «*Контроль смазки*», *8* — «*Масло разогрето*», *9* — «*Перегрев масла*», *20* — «*Есть напряжение*»; переключатели: *13* — скоростей шпинделя, *15* — позиций резцедержавки, *17* — медленной и быстрой подач

Необходимо очищать фильтр по мере его засорения, но не реже 1 раза в месяц.

Ежедневно перед началом работы следует проверять уровень масла по риске маслоуказателя и при необходимости доливать его.

Система смазки направляющих каретки и станины — автоматическая, дозированная от станции смазки С48-14 и оригинальных однопоточного и двухпоточного дозаторов.

Приводной электродвигатель станции смазки включается одновременно со станком, при этом включается и электромагнит реверсивного золотника 54БПГ73-11. Масло под давлением поступает к дозаторам смазки. Они срабатывают и под давлением вытесняют дозированный объем масла на смазку направляющих.

Срабатывает реле времени (с интервалом настройки от 2 до 50 с), которое отключает электромагнит реверсивного золотника 54БПГ73-11 и приводной электродвигатель станции смазки. Происходит взвод дозаторов смазки под действием пружин, установленных в их корпусах.

Включается моторное реле времени (с интервалом настройки от 10 до 240 мин), с помощью которого устанавливается промежуток времени между работой дозаторов. По команде моторного реле времени вновь включаются приводной электродвигатель станции смазки и электромагнит реверсивного золотника 54БПГ73-11. Происходит смазка направляющих в описанном выше порядке.

ТАБЛИЦА 5

Смазываемые механизмы	Способ смазки	Марка смазочного материала или масла	Периодичность смазки или замена масла	Количество заливаемого масла, л
Передняя бабка	Автоматическая	«Индустриальное 20»	1 раз в 6 месяцев	20
Автоматическая коробка скоростей	То же	То же	То же	20
Каретка	»	«Индустриальное 30»	2 раза в 6 месяцев	10
Задняя бабка	Ручная	То же	Ежедневно	
Редуктор продольной подачи	»	«Индустриальное 20»	1 раз в 6 месяцев	2
Редуктор поперечной подачи	»	То же	То же	2
Шариковая пара (продольная)	»	ЦИАТИМ-201 (ГОСТ 6267—59)	»	
Шариковая пара (поперечная)	»	«Индустриальное 20»	»	1
Правая опора продольного винта	»	То же	»	2
Левая опора продольного винта	»	ЦИАТИМ-201	»	
Редуктор привода поворота резцедержавки	Разбрызгивание	«Индустриальное 30»	1 раз в месяц	0,4—0,5

Для бесперебойной работы системы смазки необходимо очищать фильтр, установленный в станции смазки, по мере его засорения, но не реже 1 раза в месяц, следить за тем, чтобы емкость станции смазки была всегда залита маслом до уровня риски маслоуказателя.

Система смазки автоматической коробки скоростей также автоматическая, в нее входят масляный бак, шестеренный насос смазки и фильтр—магнитный патрон, установленный на всасывающей магистрали насоса.

Один из валов АКС, соединенный с шестеренным насосом смазки, приводит его во вращение.

При работе АКС от насоса масло поступает на смазку электромагнитных муфт и шестерен, после чего сливается в бак.

Для бесперебойной работы системы смазки АКС необходимо очищать фильтр — магнитный патрон, промывая его в керосине по мере засорения, но не реже 1 раза в две недели, следить, чтобы масляный бак АКС был всегда залит маслом до уровня риски маслоуказателя.

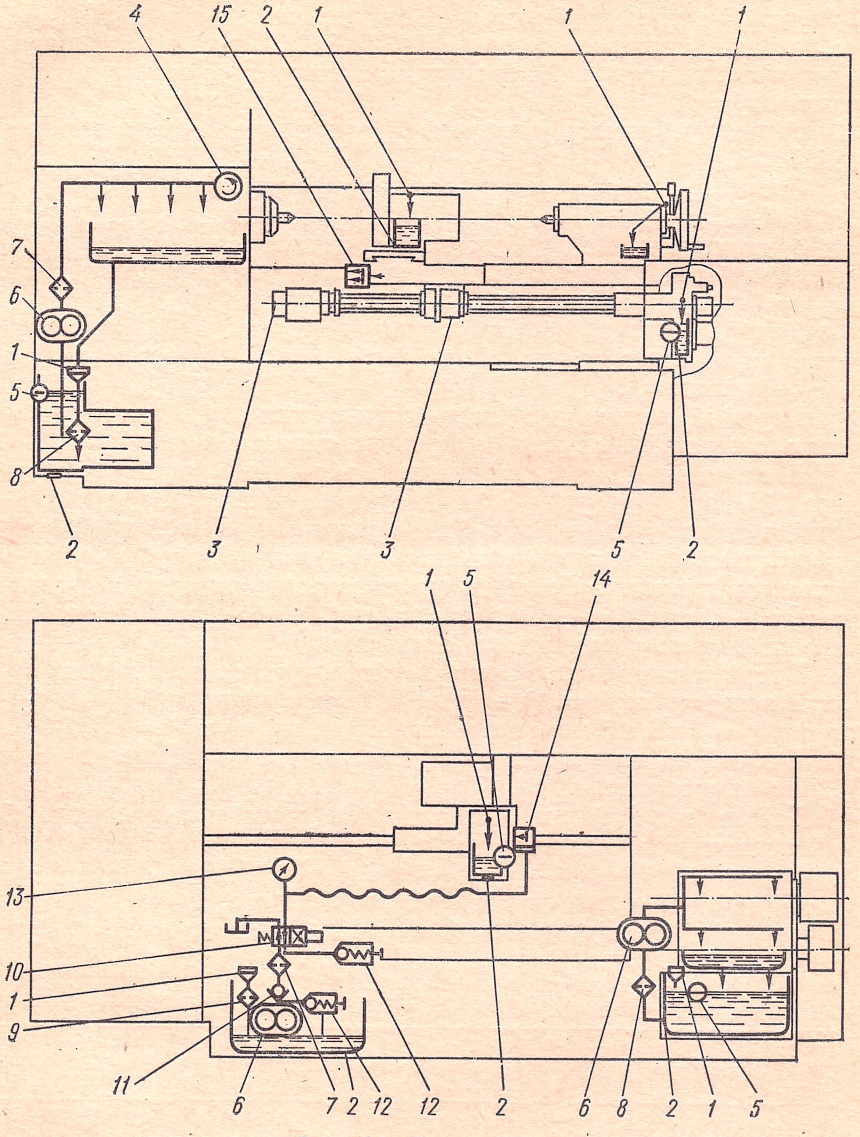

4
15
2
1
1
1
7
6
1
5
8
2
3
3
5
2
1
5
14
13
10
1
9
11
6
7
2
12
12
2
6
8
2
1
5

Рис. 106. Схема смазки:

1 — заливка масла, *2* — слив масла, *3* — консистентная смазка, *4* — визуальный указатель подачи масла, *5* — визуальный указатель уровня масла, *6* — насос шестеренный, *7* — фильтр сетчатый (напорный), *8* — фильтр — магнитный патрон, *9* — фильтр сетчатый с магнитным патроном, *10* — управляющий золотник, *11* — обратный клапан, *12* — подпорный клапан, *13* — манометр, *14* — дозатор однопоточный, *15* — дозатор двухпоточный

Гидрооборудование станка состоит из:

1) гидростанции 7,5/1500 Г48-44, которая включает в себя резервуар для масла емкостью 200 л, регулируемый насос 2Г15-14 с приводным электродвигателем А02-51-2М301, элементы фильтрации и охлаждения рабочей жидкости, контрольно-регулирующую аппаратуру;

2) гидроусилителя моментов продольного хода каретки Э32Г18-23;

3) гидроусилителя моментов поперечного хода суппорта Э32Г18-22;

4) магистральных трубопроводов, соединяющих между собой гидравлические узлы и аппаратуру согласно принципиальной гидравлической схеме станка.

При установке гидростанции следует промыть резервуар гидростанции и насухо протереть его салфетками (применение концов не допускается).

Перед монтажом труб смыть антикоррозионную смазку, очистить отверстия в трубах, продуть их сжатым воздухом.

В гидробак залить чистое минеральное масло марки «Турбинное 22П», предварительно отфильтрованное, так, чтобы при эксплуатации станка уровень масла был не ниже контрольной отметки на маслоуказателе. Проверить правильность монтажа труб и рукавов высокого давления. Проверить правильность вращения гидродвигателя (нормально — правое вращение), после чего приступить к опробованию и регулировке системы.

Предохранительный клапан A регулируемого насоса настраивают на давление $P = 40 \div 50$ кГ/см^2; реле давления РД1 на давление $P = 3$ кГ/см^2; реле давления РД2 на давление $P = 40$ кГ/см^2.

Включение гидропривода осуществляется нажатием кнопки «*Пуск*» гидроагрегата.

Работа гидропривода происходит в соответствии с подачей электрических команд от пульта управления к шаговым двигателям гидроусилителей.

При обслуживании гидропривода в фильтре тонкой очистки при перемещении указателя засоренности фильтра к красной отметке необходимо заменить фильтрующий пакет.

ТАБЛИЦА 6

Неполадки	Причины неполадок	Устранение
Шум и толчки при работе гидропривода, сопровождающиеся колебанием давления в системе и вспениванием масла	Всасывание воздуха из-за негерметичности соединения всасывающей магистрали или понижение масла в баке	Затяжкой всасывающего трубопровода и доливкой масла в бак до контрольной метки маслоуказателя
Отсутствие давления в системе	Засорение предохранительного клапана	Промывка и регулировка предохранительного клапана

Магнитные фильтры следует очищать по мере засорения, но не реже 1 раза в месяц. Первую промывку бака и замену масла следует произвести через 1 месяц после запуска станка в работу. Последующие замены производить по мере загрязнения масла, но не реже 1 раза в 9 месяцев.

Необходимо постоянно следить за отсутствием течи из масляных радиаторов и соединений трубопроводов.

Возможные неполадки, их причины и устранение приведены в табл. 6.

Регулировка положения путевых кулачков на продольной и поперечной линейках показана на рис. 107, 108. На каждой линейке предусмотрены два паза для установки кулачком аварийного отключения подачи и контроля исходного («нулевого») положения суппорта. Кулачки воздействуют на блоки путевых электропереключателей, смонтированные на каретке станка.

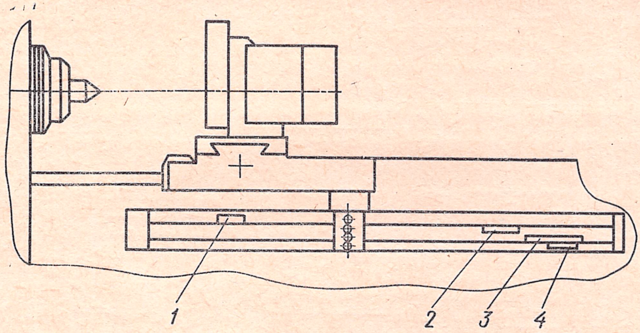


Рис. 107. Схема расстановки кулачков в пазах продольной линейки:

кулачки: *1* — для отключения подачи при ходе каретки влево, *2* — для отключения подачи при ходе каретки вправо, *3* — для предварительного замедления перемещения каретки, *4* — для установки нулевого положения каретки

Кулачки аварийного отключения подачи должны воздействовать на первый и второй штоки блока конечных выключателей за 5—8 мм до механического ограничения хода (до крайних положений поперечного суппорта, упора каретки в корпус задней бабки и резцов в кулачки патрона). По команде этих кулачков при ошибке программиста или наладчика отключается подача в соответствующем направлении без удара о смежные узлы. При этом система программного управления и станок не отключаются и информация о положении суппорта от датчиков обратной связи сохраняется в «памяти» системы.

На второй дорожке линеек установлен сдвоенный кулачок. Длинный кулачок дает команду на предварительное замедление перемещений суппорта и каретки. При этом он нажимает третий шток блока конечных выключателей. Второй скос сдвоенного кулачка нажимает четвертый шток блока конечных выключателей и включает вторую ступень замедления. После этого срабатывает бесконтактный датчик КВД и происходит окончательный останов суппорта в «нулевом» положении.

В исходное «нулевое» положение суппорт возвращается при нажиме на кнопку возврата в «0» станка.

Для станка 16К20Ф3С2 имеется линейка с четырьмя дорожками. На верхней дорожке расположены кулачки аварийного останова станка. Замедление хода одноступенчатое, не более чем за 10 мм до нулевого положения.

После подключения станка необходимо проверить положение и надежность закрепления поворотной резцедержавки, положение кулачков аварийного ограничения хода на продольной и поперечной линейках, положение и надежность крепления задней бабки станка.

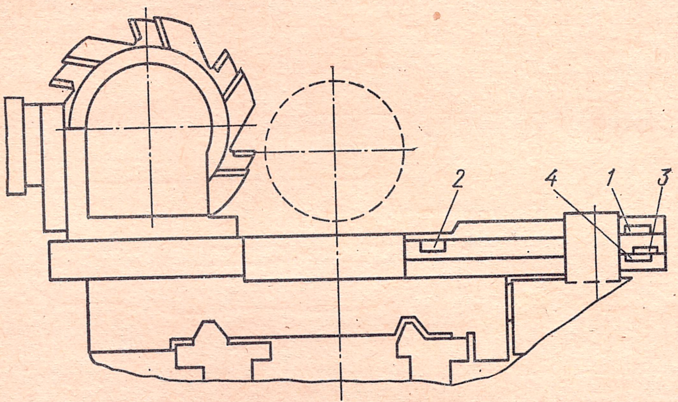


Рис. 108. Расстановка путевых кулачков на поперечной линейке:

кулачки: *1* — для отключения подачи при ходе суппорта от оси шпинделя, *2* — для отключения подачи при ходе суппорта к оси шпинделя, *3* — для замедления перемещения суппорта, *4* — для установки нулевого положения суппорта

С помощью специальных рукояток следует проверить легкость перемещения суппортной группы в продольном и поперечном направлениях.

Установить с помощью рукоятки переключения нижний ряд чисел оборотов шпинделя.

Перевести переключатели на пульте программного управления в положение «*Ручное управление*» и проверить работу всех механизмов станка: переключение скоростей шпинделя, работу поворотной резцедержавки, перемещение суппорта в продольном и поперечном направлениях на быстром ходу и рабочих подачах, работу аварийных и блокировочных электропереключателей, подачу смазки, вращение шпинделя на всех скоростях, начиная с минимальной, в том числе не менее 30 мин на минимальной скорости.

После проверки правильности работы станка от кнопок и переключателей пульта установить на станке требуемые инструментальные блоки и проверить работу станка от перфолент при обходе контура вхолостую без установки заготовки.

В случае нормальной работы станка от программы проточить первую пробную деталь и после замеров контрольных размеров произвести требуемую корректировку исходного положения суппорта с помощью пультов управления станка и пульта ЧПУ и в зависимости от возможности системы ввести требуемую коррекцию инструмента или подрегулировать инструментальные блоки.

Для регулируемого привода продольной подачи (рис. 109) используется гидроусилитель или электродвигатель постоянного тока, в зависимости от системы ЧПУ — шестеренная передача и шариковая винтовая пара.

В случае монтажа привода после его разборки необходимо произвести затяжку подшипников правой опоры на фланце *11* с помощью гаек *10* и *12* и контргаек *9* и *13*. После установки винта в опоры и закрепления фланца *11* на корпусе *20* произвести затяжку подшипников на левой опоре гайкой *5* и контргайкой *6*.

Зазор в зубчатом зацеплении станка регулируют радиальным сдвигом шестерни *24* относительно зубчатого колеса *15*. Для этого необходимо:

а) ослабить болты крепления крышки *19*; б) ослабить гайки крепления оси *21* поворота крышки *19* и оси *23* поворота эксцентриковой втулки *22*; в) выбрать зазор в зубчатом зацеплении; г) затянуть все гайки и болты крепления крышки *19*.

Натяг в винтовой шариковой паре продольного перемещения (рис. 110) регулируют поворотом полугайки *3* относительно полугайки *4* с помощью сегмента *9* (число зубьев на внутреннем венце 92, на наружном — 93).

Перестановка сегмента *9* на один зуб относительно полугайки *3* приводит к осевому смещению на 1—2 мкм.

Натяг регулируют только при сборке станка на заводе-изготовителе.

Гайка защищена уплотнениями *1*, поддерживаемыми крышками *8* и *5*. При разборке станка для ремонта регулировку натяга следует производить в следующем порядке: отвернуть винты *2* и снять крышку *8*; вывести сегмент *9* из зацепления с полугайкой *3* и сектором *7*; переставить сегмент *9* на определенное число зубьев, отсчитывая от риски, соответствующей нулевому натягу; специальным ключом довернуть полугайку *3* в нужную сторону; ввести в зацепление сегмент *9* с полугайкой *3* и сектором *7*; после окончательной регулировки натяга надеть крышку *8* и затянуть винтами *2* (винты *6* можно не отвертывать).

Привод поперечной подачи (рис. 111) в зависимости от системы ЧПУ состоит из гидроусилителя с шаговым двигателем или электродвигателя постоянного тока, шестеренной передачи и шариковой винтовой пары.

Шариковый винт *7* установлен в радиальных подшипниках *12*. Для увеличения точности создается натяг в подшипниках, кото-

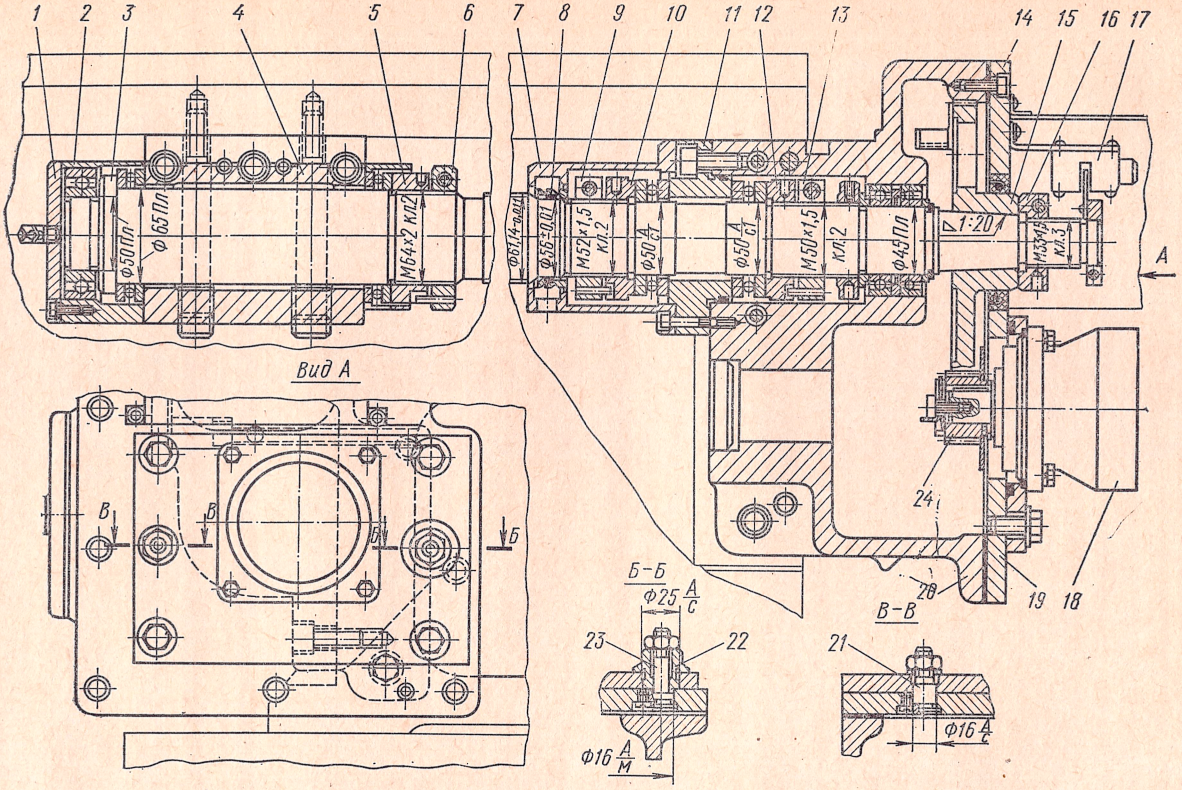

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
Ф 65Пл
Ф50Пл
М64×2 кл2
Ф61,14-0,011
Ф56±0,01
М52×1,5 кл.2
Ф50 А/ст
Ф50 А/ст
М50×1,5 кл.2
Ф45Пл
1:20
М33×1,5 кл.3
А
Вид А
В
Б
Б–Б
Ф25 А/С
Ф16 А/М
В–В
Ф16 А/С

Рис. 109. Привод продольной подачи:

1 — крышка левой опоры винта, *2* — корпус подшипника левой опоры, *3* — шариковый винт, *4* — корпус левой опоры, *5, 10, 12, 16* — гайка, *6, 9, 13* — контргайка, *7, 14, 19* — крышка, *8* — уплотнение, *11* — фланец, *15* — зубчатое колесо, *17* — бесконтактный конечный выключатель, *18* — гидродвигатель, *20* — корпус, *21, 23* — ось, *22* — электрическая втулка, *24* — шестерня рый осуществляют 12 пружин *20*, вставленных в специальные втулки *19*.

Отсутствие осевого смещения винта и поддержания минимального натяга в упорных подшипниках *10* достигается сжатием пружин *9*. Раскрытие стыка между правым торцом гайки *22* и втулки *21* недопустимо.

Корпус шариковой гайки *6* жестко крепится к суппорту *2* клином *5*. Чтобы закрепить корпус шариковой гайки *6*, необходимо:

замерить размер *a* от плоскости корпуса гайки *6* до расточки в суппорте *2*; подшлифовать нижний торец фланца *3* в размер *a*; при помощи винта *4* затянуть клин *5*. Таким образом, жестко стыкуется корпус гайки *6* с фланцем *3*, который крепится в суппорте *2*.

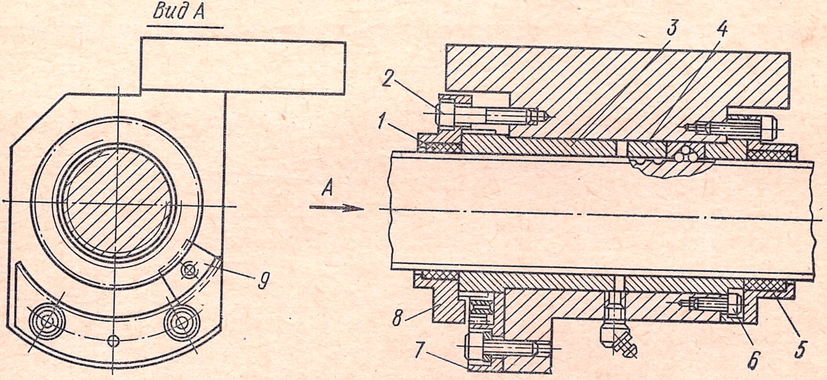


Рис. 110. Регулировка шариковой пары привода продольной подачи

При этом необходимо учесть, что в незатянутом состоянии клин *5* располагается на плоскости корпуса гайки *6*. Зазор в зубчатом зацеплении станка регулируется радиальным смещением шестерни *18* относительно шестерни *13*. Зазор регулируют так же, как и зазор в приводах продольной подачи станка.

Выбор зазора и регулировка натяга в винтовой шариковой паре (винт *8* и гайки *2*, *4*) поперечного перемещения (рис. 112) производится поворотом полугайки *4* относительно полугайки *2* (с вкладышем *9*) с помощью шестерни *5* (число зубьев на внутреннем венце 73, на наружном — 72).

Поворот шестерни *5* на один зуб относительно полугайки *4* приводит к осевому смещению на 1 мкм.

Натяг регулируют только при сборке станка на заводе-изготовителе.

Гайка защищена уплотнениями *6*, поддерживаемыми крышкой *7*, шестерней *5* и крышкой *1*.

При разборке станка для ремонта регулировку натяга следует производить в следующем порядке: отвернуть винты и снять крышку *7*; вывести шестерню *5* из зацепления с полугайкой *4* и корпусом *3*; поворотом шестерни *5* выбрать зазор в шариковой паре;

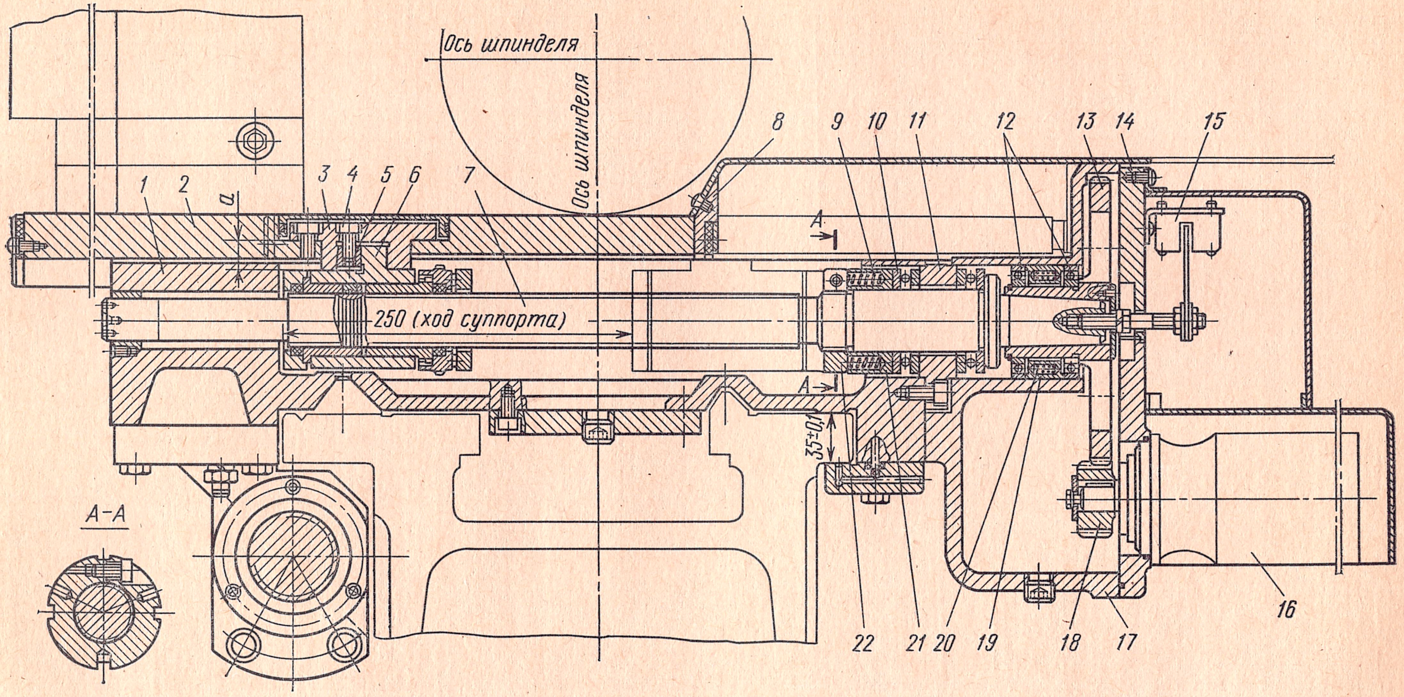

Ось шпинделя
Ось шпинделя
1
2
a
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
A
A
A–A
250 (ход суппорта)
35±0,1

Рис. 111. Привод поперечной подачи:

1 — каретка суппорта, *2* — поперечные салазки, *3* — фланец, *4* — винт затяжки клина, *5* — клин, *6* — корпус шариковой гайки, *7* — шариковый винт, *8* — уплотнения, *9* — пружина поддержания натяга, *10* — упорные подшипники, *11* — кронштейны, *12* — радиальные подшипники винта, *13* — колесо, *14* — фланец крепления гидродвигателя, *15* — бесконтактный конечный выключатель подачи предварительного сигнала выхода на «ноль», *16* — шаговый гидропривод, *17* — корпус привода, *18* — шестерня, *19* — втулка с пружинами, *20* — пружины, *21* — втулка, *22* — гайка

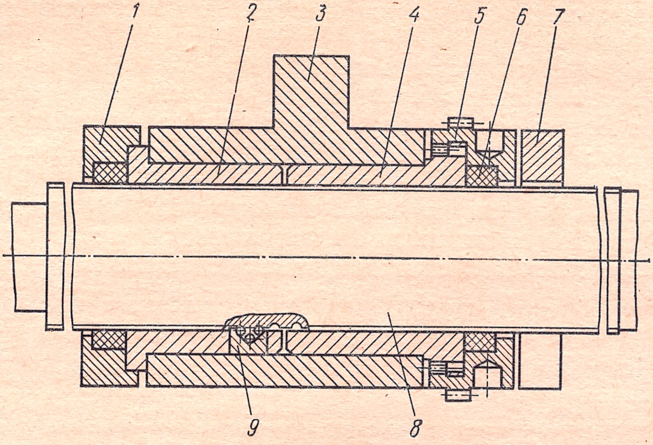


Рис. 112. Регулировка шариковой пары привода поперечной подачи

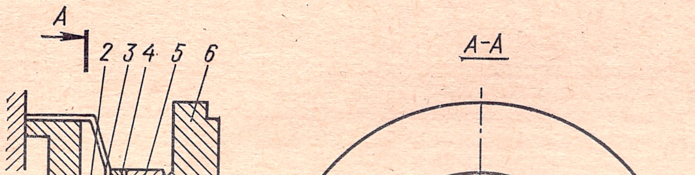

A
2
3
4
5
6
1
A
80
126
A–A
Б
Б
Б–Б

Рис. 113. Установка патрона на шпинделе станка

специальным ключом довернуть в нужную сторону полугайку *4*; ввести в зацепление шестерню *5* с полугайкой *4* и корпусом *3*; после окончательной регулировки натяга надеть крышку *7* и притянуть винтами.

Станок оснащен самоцентрирующим трехкулачковым патроном диаметром 250 мм и поводковым патроном. Кроме того, станок может иметь четырехкулачковый патрон диаметром 400 мм.

Планшайба *6* трехкулачкового патрона (рис. 113) центрируется на наружном конусе шпинделя *1* и притягивается к торцу фланца *5* винтами *2* с гайками *3* посредством шайбового кольца *4*.

Наибольшие допустимые обороты шпинделя при установке трех- и четырехкулачкового патрона по ГОСТ 2675—71 приведены ниже:

Диаметр патрона, мм	Наибольшее число оборотов
250	630
400	400

В случае обработки деталей, имеющих дисбаланс, числа оборотов шпинделя следует снижать.

Контрольные вопросы

1. Чем отличается токарный станок с ЧПУ от универсального токарного станка с ручным управлением?
2. Зачем применяют револьверные головки на токарных станках с ЧПУ?
3. Почему время обработки на токарном станке с ЧПУ меньше, чем на универсальном с ручным управлением?
4. Почему у токарных станков с ЧПУ делают вертикальные станины?
5. Какие элементы токарных станков с ЧПУ проверяются на точность?
6. Что такое жесткость узла? Когда бывает отрицательная жесткость?
7. Как проводится предварительная настройка инструментов на размер?
8. Для чего системы управления имеют корректоры размеров и как с ними работают?
9. Назовите порядок операций при настройке станка на обработку новой детали.
10. Когда применяются кадры управляющей программы «с дробью»?
11. Какие применяются патроны для крепления заготовки на токарных станках с ЧПУ?
12. Когда применяют сырые кулачки?
13. Как проверить нормальную работу вращающихся цилиндров зажимных устройств?
14. Какие преимущества имеют резцы с механическим креплением твердосплавных пластинок?
15. Зачем державки с механическим креплением твердосплавных пластинок снабжают твердосплавными подкладками?
16. Почему надо выдерживать довольно точно радиус при вершине резца?
17. Назовите основные виды возможных неполадок в гидроприводе станка 16К20Ф3С4.
18. Вспомните, какие регулировки механизмов выполняются на станке 16К20Ф3С4.

Глава III

СВЕРЛИЛЬНЫЕ И РАСТОЧНЫЕ СТАНКИ

§ 1. ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ НА СТАНКАХ СВЕРЛИЛЬНО-РАСТОЧНОЙ ГРУППЫ

Сверлильные станки делятся на две группы: вертикально-сверлильные и радиально-сверлильные. Расточные станки включают в себя горизонтально-расточные и координатно-расточные станки.

В последние годы существует тенденция к отходу от привычных форм и функций станков в рамках рассматриваемой группы. Этот отход осуществляется двумя путями.

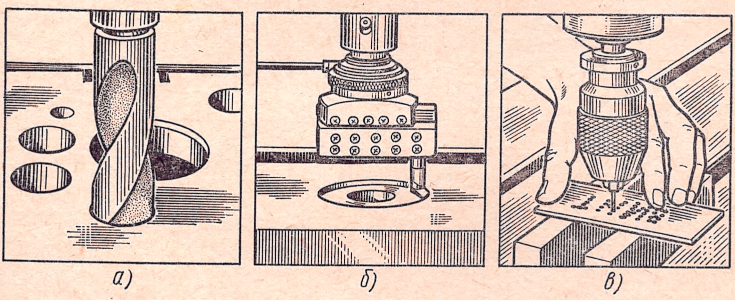


Рис. 114. Примеры разнообразных работ на сверлильных станках с ЧПУ:

а — сверление отверстий большого диаметра, *б* — расточка и подрезка торца, *в* — сверление малого отверстия

С одной стороны, для массового крупносерийного производства создаются специализированные станки и машины. Примером таких машин являются алмазно-расточные станки, операция расточки на которых по своим показателям занимает промежуточное положение между расточкой и шлифовкой.

С другой стороны, стремление сделать станки сверлильно-расточной группы более универсальными приводит к расширению их функций. Например, создаются станки, на которых можно было выполнять как сверлильные, так и расточные работы (рис. 114). После того как станки начали оснащать автоматизированными столами, стало возможным совмещение сверлильных и расточных работ также с фрезерованием (см. гл. IV).

Так, на смену привычным формам шпинделей появляются револьверные головки для автоматической смены инструмента (рис. 115), станки типа «обрабатывающий центр». Точность обработки всех перемещений неуклонно повышается.

Одним из существенных источников экономии при использовании станков с ЧПУ является экономия на инструменте за счет сокращения его номенклатуры, в первую очередь расточных инструментов. Для этого предварительную обработку отверстия ведут фрезерованием и только окончательную расточку в размер ведут расточным резцом.

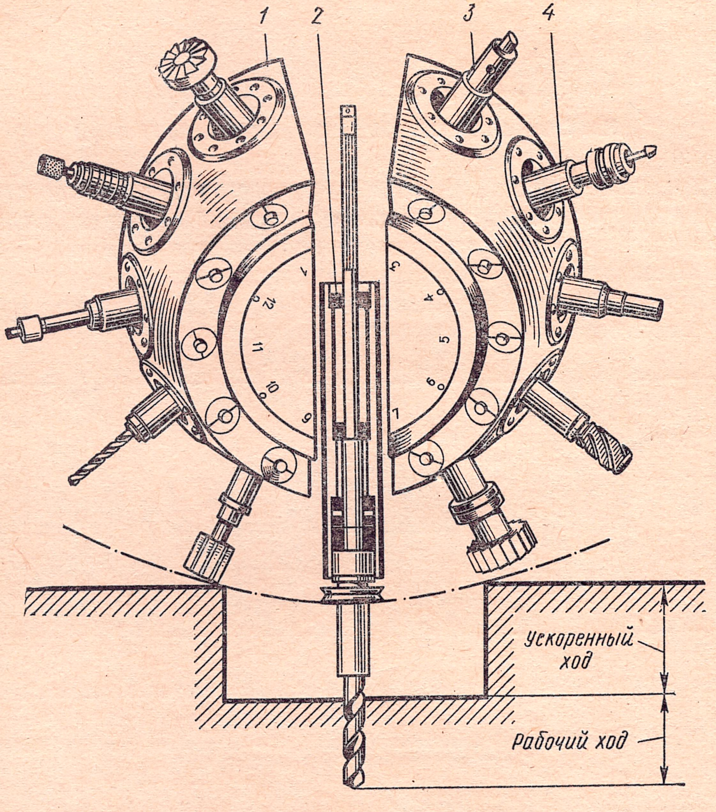


Рис. 115. Смена инструментов с помощью револьверной головки и выдвижного шпинделя:

1 — револьверная головка, *2* — выдвижной шпиндель, *3* — инструменты с оправками, захватываемые на рабочей позиции шпинделем, *4* — оправки

Для сверления в сплошном металле вместо стандартного сверла с цилиндрическим или коническим хвостовиком теперь применяют так называемые короткие сверла. Эти сверла обладают значительно большей стойкостью, особенно при обработке труднообрабатываемых материалов. Применение такого сверла позволяет снизить расходы на инструмент, вследствие повышения стойкости — в 2 или 3 раза увеличить подачу и скорость резания.

Благодаря повышенной жесткости сверл достигается лучшее центрирование оси отверстия даже при несколько наклоненных обрабатываемых поверхностях.

Для оптимального использования коротких сверл, однако, необходимы жесткие шпиндели. Для закрепления сверла предусмотрен короткий цилиндрический хвостовик, требуемый крутящий момент передается через зажимную втулку.

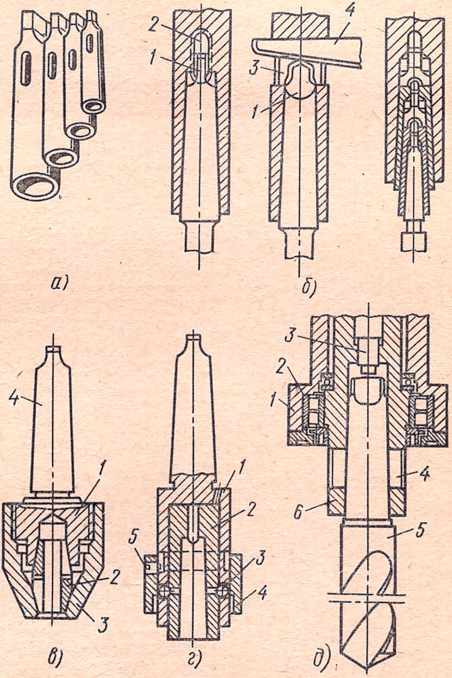


Рис. 116. Виды крепления и удаления стержневых инструментов с коническим и цилиндрическим хвостовиками

Поэтому на смену ранее применяемым конструкциям для установки инструмента в шпинделе (рис. 116, *а — г*) приходят новые узлы (рис. 116, *д*). Инструмент с коническим хвостовиком непосредственно или с помощью переходных конических втулок (рис. 116, *а*) устанавливается в коническое отверстие шпинделя (рис. 116, *б*). Лапка инструмента *1* входит в паз *2*. Ударяя по клину *4*, через окно *3* в шпинделе инструмент извлекают.

Для установки инструмента с цилиндрическим хвостовиком используют цанговый патрон (рис. 116, *в*). Патрон состоит из корпуса *1*, разрезной цанги *2*, зажимной гайки *3* и хвостовика *4*. На рис. 116, *г* показан быстросменный патрон, применяемый в тех случаях, когда отверстия на сверлильных станках обрабатывают набором инструментов. Он состоит из корпуса *1*, сменной втулки *2*, двух шариков *3*, кольца *4* и упора *5*.

Конструкция, показанная на рис. 116, *д*, основана на использовании закаленной и тщательно притертой гильзы *1*. Даже если гильза выдвинута, то все же часть ее (длиной в 2,5 раза больше диаметра) остается в шпиндельной бабке. Главный подшипник *2* расположен в нижней части гильзы и окружает стержень инструмента *5*. Это роликовый подшипник большой точности и массивной конструкции. Он вращается без зазора, не нагревается даже при больших скоростях и, несмотря на интенсивную работу в течение длительного времени, сохраняет высокую точность. Приспособление для выталкивания *3*, смонтированное в шпинделе *6*, делает излишним демонтаж рабочих органов с помощью клина, так как такой демонтаж нарушает точность работы. Это приспособление

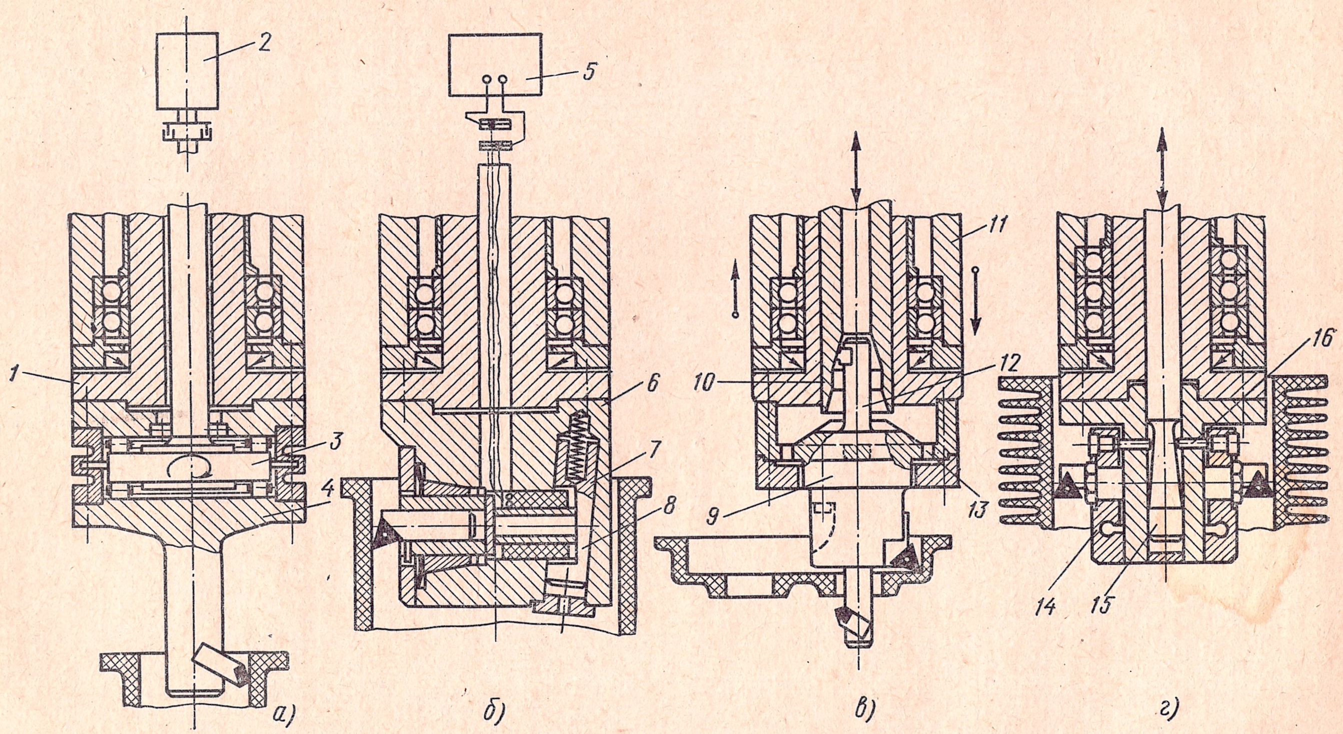

1
2
3
4
а)
5
6
7
8
б)
9
10
11
12
13
в)
14
15
16
г)

Рис. 117. Примеры расточных оправок с автоматической поднастройкой

укорачивает расстояние между концом шпинделя и главным подшипником. Вырезка *4* на конце шпинделя служит для того, чтобы закреплять тяжелые рабочие органы с помощью предохранительной чеки.

Для того чтобы, несмотря на износ инструмента, достигать высокой точности расточки, в настоящее время применяют разные способы автоматической поднастройки инструмента, которые используются только в станках массового и крупносерийного производства. Для поднастройки путем относительного поворота осей шпинделя *1* и борштанги *4* (рис. 117, *а*) служит коническая шайба *3*, поворачиваемая приводом *2*, которая через упругие звенья заставляет отклоняться ось борштанги *4*. При этом возможна поднастройка вперед и назад. Первая нужна при нормальном износе, последняя при устойчивом наросте. Для поднастройки инструмента применяют также метод пьезоэлектрического эффекта. Массивный пьезокристалл *7* устанавливают в головке непосредственно за инструментом (рис. 117, *б*). Последовательно включая и отключая электрический ток от источника тока *5*, осуществляют периодическое растяжение и сжатие втулки, причем благодаря пружине *6*, находящейся за втулкой, одновременно зажимается клин *8*, позволяя постепенно передвигать вперед режущую кромку инструмента.

Для обработки некоторых деталей, например корпусов масляных насосов, используют инструменты, имеющие две режущие кромки, так как в этих деталях требуется высокая точность обработки отверстий подшипника и колеса. На рис. 117, *в* изображена конструкция, позволяющая раздельно поднастраивать несколько размеров. В шпиндельной бабке *11* находится резцовая головка *9*, установленная на пружинах *13* по оси режущих кромок. На переднем конце установлен инструмент, на заднем — ощупывающий рычаг *12*, положение которого регулирует двухступенчатая коническая втулка *10*. Каждый из двух конусов втулки принадлежит одной из двух режущих кромок так, что ее положение в продольном направлении определяет диаметр расточки. При ходе вперед шпинделя обрабатывают отверстие колеса, при ходе назад — отверстие подшипника.

Чистовая обработка рабочих втулок цилиндров двигателей также связана с затруднениями, вызванными износом инструмента. Применение только одной режущей кромки из-за износа связано с большой продолжительностью обработки и возникновением конусности отверстия. Применение нескольких режущих кромок с автоматической поднастройкой (рис. 117, *г*) улучшает обработку. Резцы установлены в резцовой головке *14*. Тяга *15* с конической частью через соединительные стержни *16* разжимает равномерно все упругие элементы резцовой головки *14* и таким образом регулирует размер расточки. Для новой настройки эту получающуюся окружность можно предварительно установить посредством юстировочных винтов.

Получают также распространение головки с быстросменным инструментом для подрезки торцов, изображенные на рис. 118.

Такие головки применяют для сокращения времени, затрачиваемого на смену инструмента. При переходе от черновой обработки

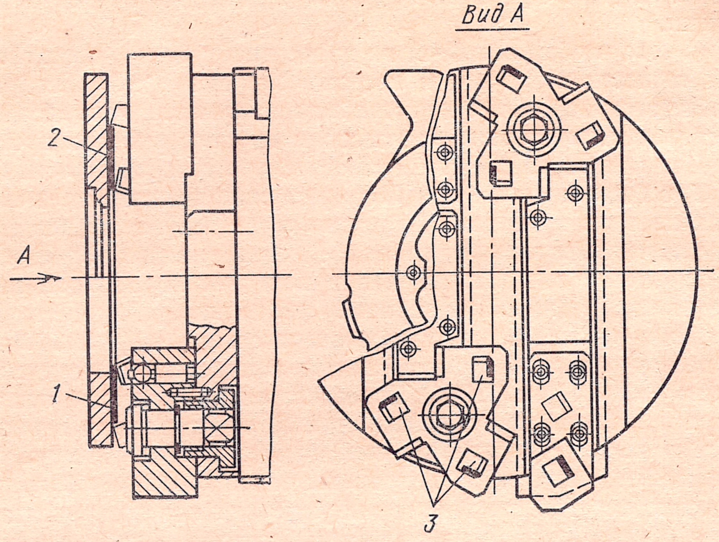


Рис. 118. Головки для подрезки торцов с быстросменным инструментом:

1 — позиция чистовой обработки, *2* — позиция черновой обработки минералокерамическими пластинками, *3* — режущий инструмент

к чистовой, а также после износа достаточно повернуть резцедержавку.

Описанные технологические особенности находят отражение в различных моделях станков.

§ 2. ЭЛЕМЕНТЫ ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ В ВЕРТИКАЛЬНО-СВЕРЛИЛЬНЫХ СТАНКАХ

На сверлильных станках производят следующие работы: сверление в сплошном материале (рис. 119, *а*), рассверливание (рис. 119, *б*), зенкерование отверстий, полученных литьем, штампованием или предварительным сверлением (рис. 119, *в*, *г*), развертывание цилиндрических (рис. 119, *д*) и конических отверстий, нарезание внутренней (рис. 119, *е*) и наружной резьбы; подрезка платиков и бобышек у отверстий (рис. 119, *ж*, *з*, *и*), зенкование (рис. 119, *к*) и т. д.

В нашей промышленности наибольшее распространение получили вертикально-сверлильные станки с программным управлением 2Р118Ф2 и 2Р135Ф2 с револьверной головкой Стерлитамакского станкостроительного завода (разработка ЭНИМСа) (рис. 120).

Наличие переключаемой по программе шестипозиционной револьверной головки, автоматически сменяющей шесть инструментов, а также крестового стола для перемещения изделия по координатам позволяет автоматизировать процесс обработки небольших партий деталей без кондукторов и предварительной разметки.

Предусмотрены **наладочный, одиночный, полуавтоматический и автоматические режимы работы**, что позволяет оперативно переналаживать станок на обработку другого изделия. При наладочном режиме каждый механизм станка управляется раздельно. При одиночном режиме можно обрабатывать последовательно несколько отверстий одним или несколькими инструментами. Полуавтоматический режим может быть применен для многооперационной обработки одного или нескольких отверстий со сменой инструмента по заданной программе.

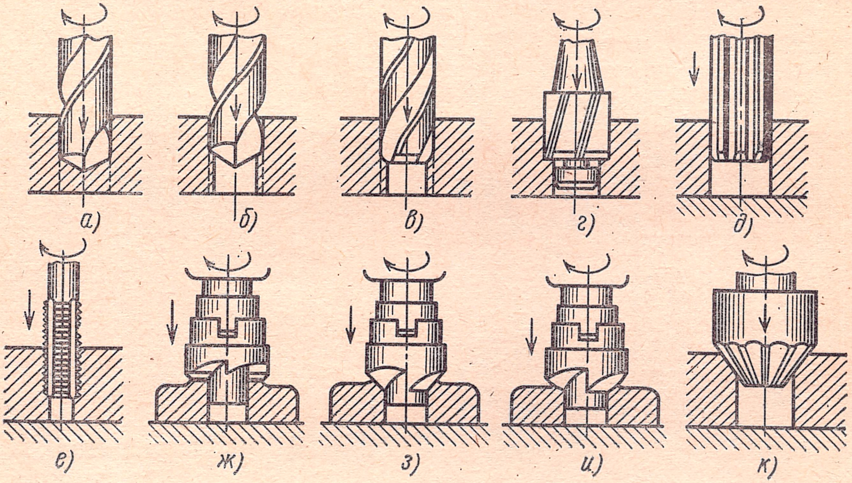


Рис. 119. Работы, выполняемые на сверлильных станках

Автоматический режим предназначен для обработки партии деталей с большим числом отверстий. Сверление, зенкерование и рассверливание ведутся по циклу быстрый подвод — рабочая подача — быстрый отвод инструмента в исходное положение. Резьба нарезается резьбонарезной головкой по копиру, шаг резьбы которого соответствует шагу нарезаемой резьбы, так что при изменении шага нарезаемой резьбы меняется копирная пара винт — гайка.

Эти станки выпускались с пультом управления «Координата-68», у которого от перфоленты управляются две координаты крестового стола, а третья координата — вертикальное перемещение шпиндельной револьверной головки — выполняется от набора штекерами на панели системы управления. Установка штекеров производится во время наладки, инструмент подводят вручную на длину ускоренного хода, затем рабочего хода, Таким образом, такая система позволяет не производить предварительной настройки инструментов по длине, но при этом несколько усложняется пульт управления. В настоящее время эти станки выпускаются с системой управления «Координата С-70».

Для того чтобы не применять операцию разметки или дорогостоящие кондукторы, в некоторых случаях достаточно использовать координатные столы с ЧПУ, установленные на обычных радиально-сверлильных станках.

Внешний вид координатного стола КСУ-53, которым оснащаются радиально-сверлильные станки, показан на рис. 121.

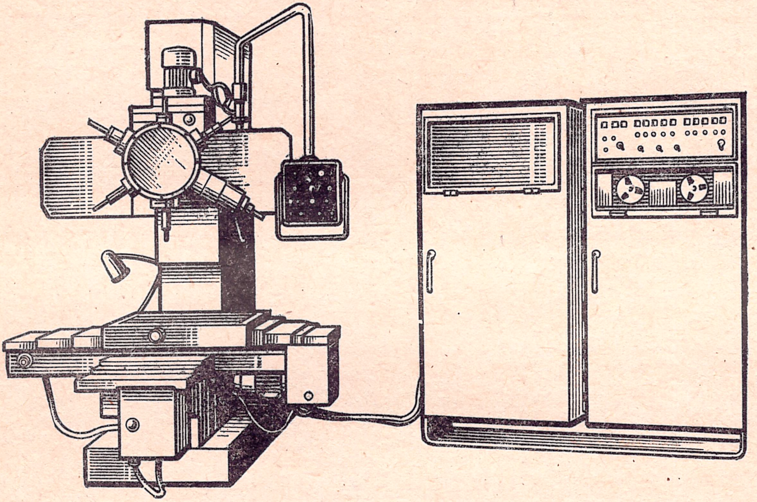


Рис. 120. Сверлильный станок с ЧПУ 2Р135Ф2

По прямоугольным направляющим основания перемещаются в продольном направлении салазки *3*, а по прямоугольным направляющим салазок в поперечном направлении перемещается стол *1*.

Движение стола и салазок осуществляется от асинхронного электродвигателя, привод включает в себя редуктор и ходовой винт, установленный на подвижном узле.

Привод стола *2* (салазок) двухскоростной, двухступенчатый; позиционный цикл движения обеспечивает редуктор с двумя электромагнитными муфтами.

Вращение винта передается на круговой электромагнитный кодовый датчик модели КП-1, в котором данные о положении подвижного органа преобразуются в электрические сигналы, поступающие в сравнивающее устройство, где происходит сравнение отработанных столом (салазками) координат с величинами, заданными программой.

Сравнивающее устройство, сопоставляя программу, заданную перфолентой, с сигналами датчика, выдает команды на переключение скоростей перемещения стола (салазок) и останов при достижении заданной координаты.

Для управления позиционированием координатного стола в соответствии с программой, записанной на перфоленте, предназначен пульт типа «Координата С-70».

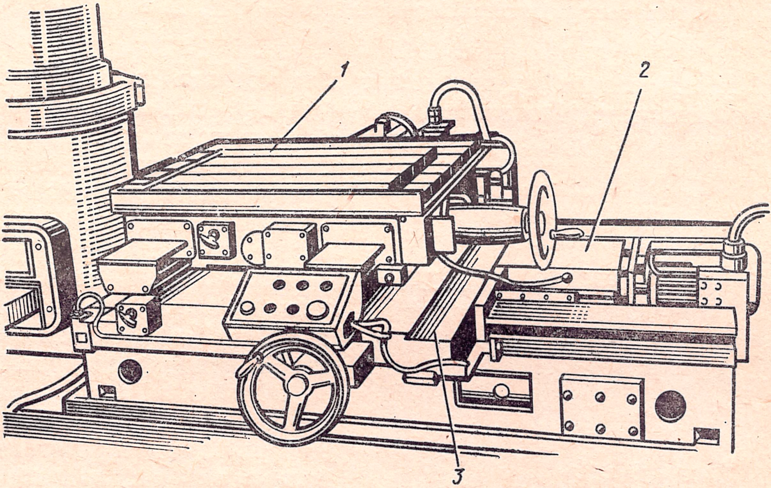


Рис. 121. Внешний вид координатного стола КСУ-53

Пульт может быть использован как отдельно (при управлении только координатным столом), так и совместно с пультом управления работой сверлильного станка. Техническая характеристика пульта программного управления типа «Координата С-70» при работе совместно со столом КСУ-53 приведена ниже:

Количество управляемых движений (по программе)	X и Y
Длина перемещений, мм:	
по оси X	500
по оси Y	500
Дискретность программирования, мм	0,05
Скорость быстрого перемещения, м/мин	до 4
Скорость подхода к заданному положению, мм/мин	до 30
Подход к заданному положению	односторонний
Позиционирование по осям X и Y	одновременное
Датчик обратной связи	контактный круговой кодовый преобразователь КП-1
Система отсчета	абсолютная
Установка начала отсчета	по всей длине перемещения
Преднабор	имеется
Ввод программы	последовательный
Программоноситель	перфолента шириной 17,5 мм
Построение программы	адресная система БЦК-5

Цифровая индикация	действительного и запрограммированного положений по обеим осям
Тип привода перемещений	асинхронный двигатель с двухскоростным редуктором с электромагнитными муфтами
Мощность электродвигателей привода, кВт	до 1

Вся аппаратура управления пульта состоит из трех узлов: цикловой панели, блока питания и пульта управления.

Кроме того, пульт укомплектован блоком последовательного ввода и кодовыми преобразователями КП-1. Основные узлы системы программного управления помещены в герметизированном отсеке шкафа.

Блок-схема соединений между узлами электрооборудования станка, стола и системы ЧПУ показана на рис. 122.

Режимы работы выбираются переключателем. Поскольку пульт может работать не только как независимое отдельное устройство, но и как часть единой системы электрооборудования станка, возникает необходимость в дублировании органов управления и существует электрическая связь между дублирующими переключателями.

Режим «Наладка». При включении тумблера быстрого хода получают питание муфта быстрого хода (МБХ) и пускатель двигателя; начинается быстрое движение назад, т. е. в сторону уменьшения размера. При включении тумблера медленного хода получает питание муфта ММХ медленного хода, затем реле и пускатель двигателя, начинается медленный ход вперед, т. е. в сторону увеличения размера.

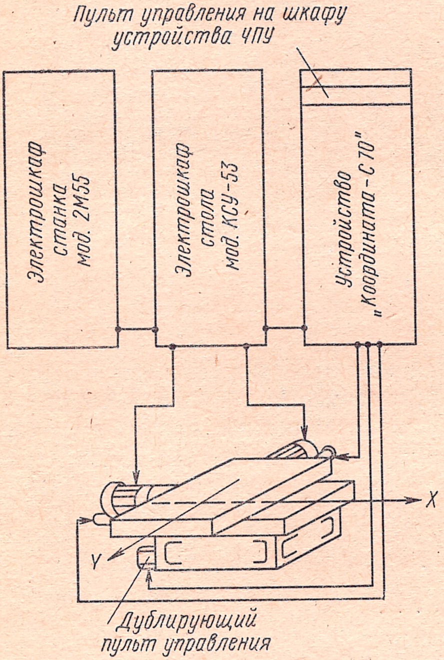

Пульт управления на шкафу устройства ЧПУ
Электрошкаф станка мод. 2М55
Электрошкаф стола мод. КСУ-53
Устройство „Координата-С 70"
X
Y
Дублирующий пульт управления

Рис. 122. Блок-схема управления столом КСУ-53

Аналогично происходит управление движениями по оси Y. Для торможения ходового винта при отсутствии движения одновременно включаются муфты *МХ* и *ММХ*; при этом образуется «замок» в редукторе. Для уменьшения перебегов в схеме привода предусмотрено конденсаторное торможение.

При работе в режиме «Одиночный цикл» после набора программы на переключателях для пуска цикла позиционирования тумблер движения по оси X нажимается в положении «+» (вперед) или «—» (назад). В положении «+» (вперед) включается цикловое реле. После отключения тумблера движения по оси X включается реле и начинается движение в направлении «вперед», как описано выше. В положении стола, соответствующем точке перехода на медленную скорость, отключается муфта *МБХ* и подается напряжение на муфту *ММХ*. Одновременно отключается пускатель и двигатель эффективно останавливается в режиме конденсаторного торможения. По истечении заданного интервала времени начинается движение на медленной скорости.

После поступления команды из системы измерения положения отключаются муфта *ММХ* и пускатель двигателя и стол останавливается.

При ходе в обратном направлении включается соответствующий пускатель и начинается перемещение назад до точки реверса, в которой стол меняет направление движения. Дальнейшее продолжение цикла описано выше.

Если неправильно задано направление, стол доходит до одного из ограничивающих конечных выключателей; при этом отключается соответствующий пускатель, а в блоке происходят переключения, обеспечивающие реверс стола и дальнейшую отработку заданной программы.

В режиме «Полуавтоматический цикл» ввод программы осуществляется с перфоленты, но циклы ввода программы и позиционирования разделены и для их пуска используются отдельные кнопки («*Ввод программы*» и «*Пуск цикла*»).

При нажатии кнопки начинается цикл ввода программы, который продолжается до конца кадра и срабатывания специального реле.

Если в вводимом кадре требуется перемещение по осям X и Y, срабатывают адресные реле и разрешают включить движение в соответствии с программой. Для пуска цикла позиционирования необходимо нажать кнопку. После нажатия кнопки «*Цикл*» на пульте станка начинается движение сверлильной головки; специальное реле отключается по окончании всей обработки в данном положении стола.

В режиме «Автоматический цикл» нормально-разомкнутый контакт управляющей кнопки отключен, так что при ее нажатии ввода программы не происходит. Программа вводится при нажатии на кнопку; контакты кнопки подают напряжение на реле, которое становится на самопитание и вводит новый кадр программы. Происходит позиционирование. После отработки команды работа продолжается так, как описано выше. Цикл работы продолжается до окончания программы.

Введение пульта в эксплуатацию производится следующим образом:

1. Пульт подключается к сети с напряжением 380 В.
2. Напряжение на схему управления подается после включения двух автоматов, расположенных на левой стенке пульта.

После этого должна загореться лампа «*Сеть*». Для работы в автоматическом и полуавтоматическом режимах необходимо включить электродвигатель лентопротяжного механизма.

3. Если положение перфоленты неизвестно, ее необходимо поставить на строку «*Конец программы*». Это можно сделать, определив на ленте нужную строку, и вручную поставить ее в соответствующее положение (считывающие штифты вводного устройства должны стоять на строке с адресом «*Конец программы*»); этого же можно добиться многократным нажатием кнопки «*Ввод*» (в режиме «*Полуавтоматический цикл*») до момента, когда индикация номера кадра покажет номер последнего кадра, после чего нажатием на тумблер следует передвинуть ленту на одну строку. Если перфолента стоит таким образом, что нормального ввода кадра не происходит (кадр считывается в середине), сначала тумблером необходимо поставить ее на конец любого кадра (при этом загорается лампочка «*Ввод окончен*»).

4. После установки детали на стол (при этом должна быть проверена параллельность осей координат на детали с направлением перемещения стола) необходимо согласовать начало отсчета размеров детали и измерительного устройства стола. Для этого, поставив переключатель режимов в положение «*Одиночный цикл*», следует на переключателях преднабора набрать размер, соответствующий координатам базы на детали (в общем случае эти координаты могут не равняться нулю). Набор размера следует вести при положении тумблера «*Индикация программы*». Далее, переводя тумблер в положение «*Фактическая индикация*», следует нажатием тумблеров движения по осям включить цикл позиционирования, установив направление движения по соотношению фактического и запрограммированного положений. После позиционирования следует поставить режим «*Наладка*» и перевести тумблеры в положение «*Установка начала отсчета*», после чего тумблерами движения по осям можно согласовать базу детали с координатами шпинделя станка. После согласования начала отсчета следует установить необходимый режим работы.

5. При вводе программы с перфоленты, в случае неправильного считывания программы, протяжка ленты прекращается, причем лампа «*Ввод окончен*» не горит, а горит лампа «*Ошибка ввода*». В этом случае необходимо переставить ленту на конец предыдущего кадра и в режиме «*Полуавтоматический цикл*» нажать кнопку «*Ввод программы*». Если после этого ввод пройдет нормально, нажимается кнопка «*Пуск цикла*».

По окончании обработки, соответствующей данному кадру программы, переключатель режимов можно поставить в положение «*Автомат*» и дальнейшую автоматическую работу продолжать после нажатия кнопки «*Пуск цикла*».

При повторной ошибке ввода следует проверить перфоленту; если на ней нет повреждений, работа должна быть прекращена для выяснения причин отказов (правильность подготовки перфоленты должна быть проверена до установки ее на станок).

6. В случае необходимости перерыва при работе пульта в автоматическом режиме по окончании позиционирования (без отключения напряжения сети) достаточно перевести переключатель режимов в положение «*Полуавтоматический цикл*»; при работе совместно со станком необходимо учитывать возможность нарушений цикла станка.

7. В случае необходимости срочной остановки движения следует нажать кнопку «*Стоп*»; при этом отключатся все реле пульта, кроме реле памяти блока (реле памяти отключаются только при снятии напряжения сети). Для продолжения работы, если остановка произошла во время позиционирования, нужно поставить переключатель в положение «*Полуавтоматический цикл*» и нажать кнопку «*Пуск цикла*». Если в дальнейшем необходим автоматический режим, по окончании обработки детали в данном положении стола нужно перевести переключатель в положение «*Автомат*» и нажать кнопку «*Пуск цикла*».

8. Необходимо иметь в виду, что при отключении напряжения сети реле памяти отключается. Поэтому для продолжения работы следует вернуть ленту на последнюю строку предыдущего кадра вручную, после чего можно продолжить работы в автоматическом (кнопкой «*Пуск цикла*») или полуавтоматическом (кнопкой «*Ввод программы*») режимах.

Может оказаться, что после пуска цикла стол не остановится сразу в нужном месте, а дойдет до одного из конечных выключателей, реверсируется и только после этого остановится в заданном положении (это может быть, если запрограммированное направление перемещения стола не будет соответствовать его положению относительно заданного в момент отключения напряжения). Поэтому при установке приспособления и детали следует обеспечить свободное перемещение стола в пределах всей длины хода (при верхнем положении револьверной головки).

Работа приводов координат X и Y происходит аналогично и независимо друг от друга.

В режиме наладки команды на движение поступают от выносного пульта, на котором расположены следующие органы управления и сигнализации:

Тумблеры — выбора направления движения по координате X; выбора направления движения по координате Y; включения медленного перемещения сразу по двум координатам (только в одну сторону по каждой).

Кнопки — ввода программы (для пульта программного управления); пуска цикла по программе; общий стоп.

Сигнальные лампы — верно (ввод программы от ленты); ошибка (ввода программы от ленты); смена инструмента; конец кадра; режим работы от ленты; режим работы от переключателей; сигнализация движения стола (по любой координате в любом режиме).

Команды и питание на сигнальные лампы поступают из главного пульта.

При перемещениях в наладке на малой скорости следует помнить о том, что длительная работа в этом режиме нежелательна.

Блокировки в схеме определяются требованиями к станку и датчикам. Работа в автоматических режимах невозможна, если инструмент (шпиндель станка) не выставлен в исходное положение.

При перемещениях на быстром ходу в наладке подаются из схемы привода команды на поднятие щеток младших разрядов датчиков.

§ 3. РАДИАЛЬНО-СВЕРЛИЛЬНЫЙ СТАНОК С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ 2М55Ф2

Радиально-сверлильный станок с числовым программным управлением 2М55Ф2 предназначен для бескондукторной и безразметочной обработки отверстий в крупных корпусных деталях, плитах, кронштейнах, фланцах и др.

На станке можно производить в автоматическом цикле следующие операции: сверление в сплошном материале, рассверливание, зенкерование, развертывание, нарезание резьбы метчиком и подрезку торцов.

На станке осуществляются позиционирование координатного стола по программе, записанной на перфоленте, и автоматический цикл шпинделя. Выбор инструмента и режимов резания осуществляется по программе, записанной на перфоленте. Задание глубин обработки (по координате *Z*), а также переключение режимов резания и смена инструмента производятся оператором вручную.

Внешний вид станка представлен на рис. 123. На фундаментной плите радиально-сверлильного станка жестко закреплено основание *1* двухкоординатного стола *2* модели КСУ-53.

Цоколь и колонна *3*, несущая на себе рукав *6* с перемещающейся сверлильной головкой *16*, составляют основные рабочие узлы конструкции. Помимо этого станок снабжен дополнительной колонкой *15*, нижней частью закрепленной к основанию координатного стола. К торцу рукава станка крепятся тиски, при сведении губок которых осуществляется фиксация шарового фланца головки дополнительной колонны. Головка дополнительной колонны уравновешена грузом. В рабочем положении она закрепляется на колонне, а в отжатом состоянии может перемещаться по колонне при помощи маховичка и реечной передачи. При разведении губок тисков рукав освобождается от связи с дополнительной колонной и станок может быть использован в качестве обычного радиально-сверлильного станка.

Сверлильная головка *16* оснащена механизмом ускоренного подвода шпинделя. Движение шпинделя является третьим программируемым перемещением станка. Первые два движения (*X* и *Y*) выполняются координатным столом КСУ-53. Движение шпинделя соответствует координате *Z*. На боковой стороне сверлильной

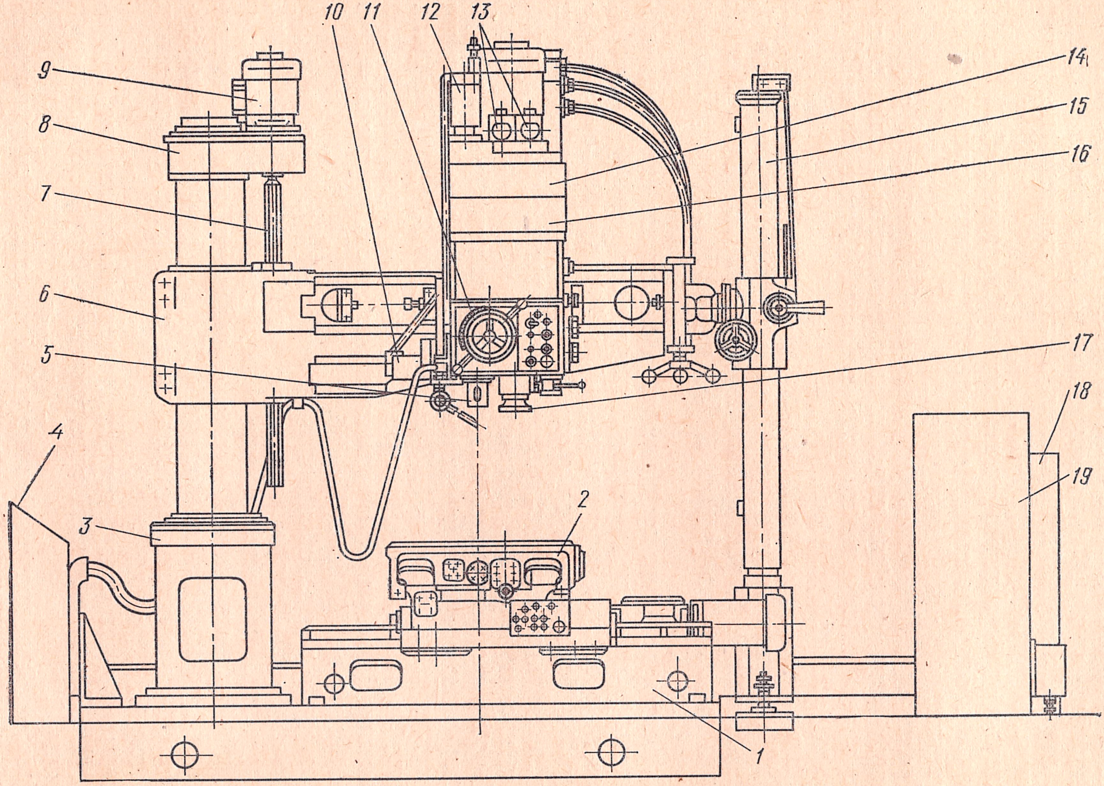

9
8
7
6
5
4
3
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
2
1

Рис. 123. Внешний вид радиально-сверлильного станка с ЧПУ 2М55Ф2

головки установлен также датчик КП-3 *10*, контролирующий фактическое положение шпинделя.

Колонна зажимается с помощью гидравлического устройства *7*. Двигатель *9* и механизм подъема *8* поднимают рукав *6*.

На сверлильной головке имеются механизм включения подач *11* и гидропреселектор *13* со своим приводом *12*, а также смонтирована гидроустановка *14*. Шпиндель *5* может перемещаться также с помощью ручного привода *17*.

Система программного управления «Координата С-70» смонтирована в отдельно стоящем пульте *18*, устанавливаемом рядом со станком.

Кроме того, имеются электрошкафы *19* управления станком, приводом координатного стола и автоматическим циклом шпинделя, а также инструментальный стеллаж *4*, рассчитанный на установку 19 инструментов.

Кинематическая схема станка, приведенная на рис. 124, состоит из следующих цепей: вращения шпинделя *1*, движения подачи *3*, ускоренных перемещений шпинделя *2* и *11*, привода датчика (координата *Z*) *5*, вертикального перемещения рукава *12*.

Шпиндель получает вращение от электродвигателя через промежуточную передачу, пусковую фрикционную муфту и коробку скоростей с четырьмя передвижными зубчатыми блоками. Фрикционная муфта соединяется с коробкой скоростей по одному из двух кинематических путей, которые приводят к вращению шпинделя в противоположные стороны.

Коробка скоростей (рис. 125) рассчитана таким образом, что три ступени чисел оборотов перекрываются, а остальные 21 образуют геометрический ряд с $\varphi = 1{,}26$ в интервале от 20 до 2000 об/мин.

Коробка подач получает вращение от шпинделя, обеспечивая реализацию 12 подач, образующих геометрический ряд с $\varphi = 1{,}41$ в интервале от 0,056 до 2,5 мм/об.

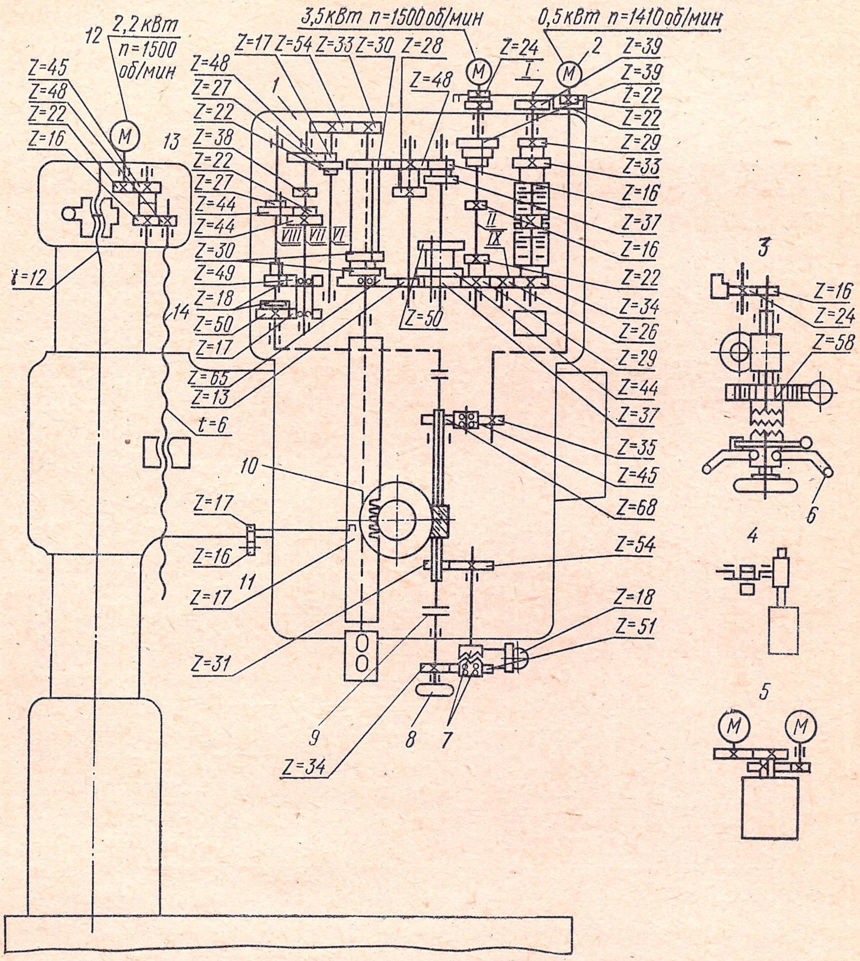
Последний вал коробки подач через предохранительную муфту при включенной электромагнитной муфте *9* соединен с червяком, который через червячное колесо и механизм включения подачи передает вращение реечной шестерне, находящейся в зацеплении с зубчатой рейкой пиноли шпинделя. Грубая ручная подача осуществляется вращением реечного вала с помощью штурвальных рукояток *6*.

Тонкая ручная подача осуществляется при включенной зубчатой муфте *7* и отключенной электромагнитной муфте *9* вращением маховика *8*.

Ускоренное перемещение шпинделя осуществляется при отключенной электромагнитной муфте *9* от электродвигателя *2* через зубчатую муфту шестерни на червяк, червячное колесо, реечную шестерню и зубчатую рейку пиноли шпинделя *10*.

Входной вал редуктора датчика КП-3 получает вращение от рейки, нарезанной на пиноли шпинделя *10*, через цилиндрические зубчатые колеса *11*.

Один оборот входного вала редуктора соответствует ходу шпинделя, равному 80 мм, а один оборот входного вала собственно датчика — 10 мм хода шпинделя. Головка по рукаву перемещается с помощью маховика.



2,2 кВт
n=1500 об/мин
12
Z=45
Z=48
Z=22
Z=16
M
13
t=12
14
t=6
3,5 кВт n=1500 об/мин
0,5 кВт n=1410 об/мин
Z=17
Z=54
Z=33
Z=30
Z=28
Z=48
Z=24
M
I
2
M
Z=39
Z=39
Z=22
Z=22
Z=29
Z=33
Z=16
Z=37
Z=16
Z=22
Z=34
Z=26
Z=29
Z=44
Z=37
Z=35
Z=45
Z=68
Z=54
Z=18
Z=51
1
Z=48
Z=27
Z=22
Z=38
Z=22
Z=27
Z=44
Z=44
VIII
VII
VI
II
IX
Z=30
Z=49
Z=18
Z=50
Z=17
Z=65
Z=13
Z=50
10
Z=17
Z=16
11
Z=17
Z=31
9
8
7
Z=34
3
Z=16
Z=24
Z=58
6
4
5
M
M

Рис. 124. Кинематическая схема радиально-сверлильного станка с ЧПУ 2М55Ф2

Вертикально рукав двигается с помощью отдельного электродвигателя *12* через редуктор.

Реверсирование двигателя изменяет направление перемещения рукава. В цепи привода механизма подъема установлена кулачковая предохранительная муфта, которая срабатывает, если сопротивление перемещению рукава увеличивается.

Механизм зажима колонны расположен в корпусе редуктора механизма подъема рукава. Рукав по колонне перемещается с по-

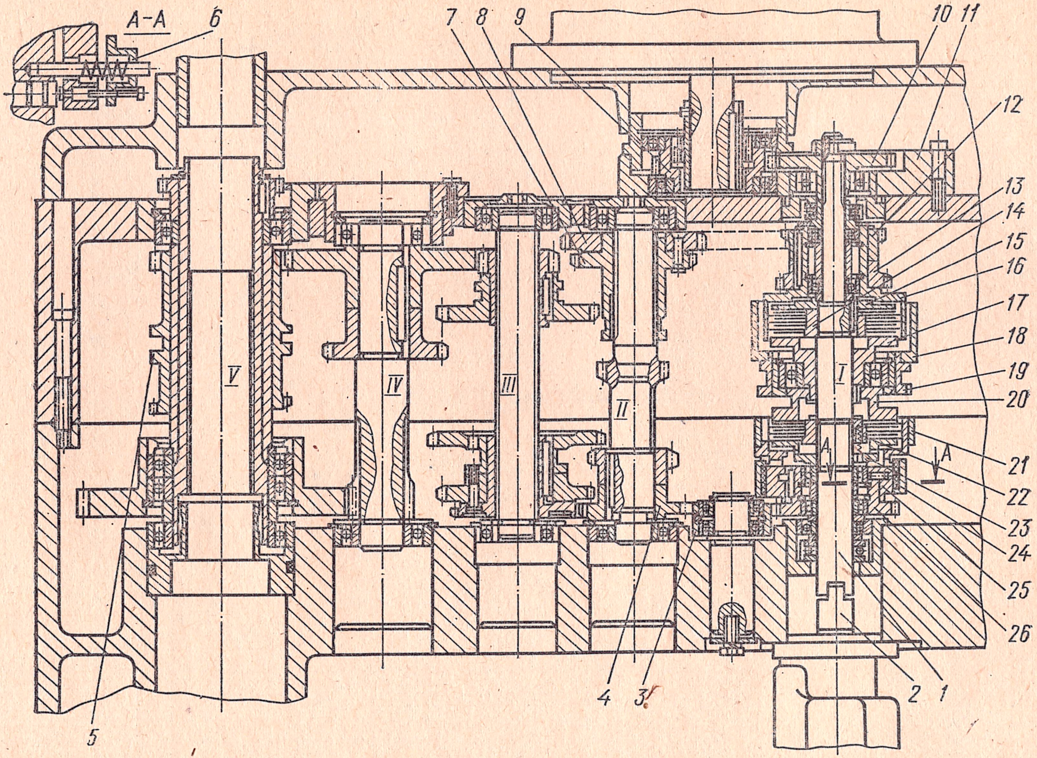

А–А
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
А
А
I
II
III
IV
V
1
2
3
4
5

Рис. 125. Коробка скоростей привода шпинделя радиально-сверлильного станка 2М55Ф2

мощью механизма подъема. Механизм зажима рукава сблокирован с механизмом подъема таким образом, что освобождение рукава, его перемещение и зажим осуществляются автоматически в одном цикле от одной команды.

Основным элементом механизма подъема является винт *14*, приводимый во вращение редуктором *13*.

Когда рукав растормаживается относительно колонны, начинается его перемещение.

По окончании перемещения винт зажима не останавливается, а автоматически реверсируется. Рукав с большой силой стягивается между головками болтов и гайками на болтах, осуществляя жесткий зажим рукава на колонне. Величина зазора между рукавом и колонной, определяемая затяжкой гаек, должна иметь определенную величину, для того чтобы перемещение происходило плавно, без рывков и не вызывало перегрузку привода механизма подъема. Циклом управляют два конечных выключателя. В крайних положениях рукава на колонне (верхнем или нижнем) штанги воздействуют на конечные выключатели, которые разрывают цепь питания электродвигателя редуктора.

Сверлильная головка размещена на комбинированных (качения — скольжения) направляющих рукава, по которым она легко перемещается в радиальном направлении. В отжатом положении между нижними направляющими скольжения головки и рукава имеется зазор 0,03—0,05 мм, а по верхней направляющей рукава сверлильная головка перекатывается на двух роликах. Трение между боковыми направляющими не затрудняет перемещения, так как центр тяжести головки располагается примерно в плоскости этих направляющих.

При зажиме сверлильная головка поднимается вверх до выборки люфта между нижними направляющими рукава и головки. Зажим происходит с помощью эксцентрикового механизма *4*, вал которого поворачивается с помощью гидроцилиндра через рейку, нарезанную на штоке поршня.

Горизонтальная составляющая усилия зажима обеспечивает постоянный прижим головки к боковым направляющим рукава.

Работой зажимов сверлильной головки и колонны управляют тумблеры «*Работа зажимов*» и две кнопки, расположенные на пульте управления сверлильной головки. В зависимости от положения тумблера «*Работа зажимов*» с помощью этих кнопок можно освободить (отжать) одновременно колонну и сверлильную головку (положение тумблера «*Совместно*») или освободить только колонну, оставив сверлильную головку зажатой (положение тумблера «*Раздельно*»).

Коробка скоростей (рис. 125) рассчитана таким образом, что три ступени чисел оборотов перекрываются, а остальные 21 образуют геометрический ряд с $\varphi = 1{,}26$ в интервале от 20 до 2000 об/мин.

В цепи привода шпинделя между главным электродвигателем и коробкой скоростей расположена фрикционная муфта, которая предназначена для плавного пуска привода, реверсирования шпинделя, а также для предохранения элементов привода от перегрузки. Муфта является, кроме того, важным звеном системы преселективного управления переключением чисел оборотов и подач. Узел фрикционной муфты состоит из двух муфт: верхней, обеспечивающей прямое вращение шпинделя, и нижней для вращения шпинделя в обратном направлении. Обе муфты собраны на одном валу.

Вращение от двигателя через зубчатую муфту сообщается шестерне *9*. Шестерня *9* находится в постоянном зацеплении с шестерней *10*, также сидящей на валу *I* фрикционной муфты. Опоры шестерни *9* размещены в отдельном корпусе *11*. В этом же корпусе выполнена расточка под опору шестерни *10*. Зубчатая муфта позволяет частично компенсировать геометрические ошибки, что способствует снижению шума работающей головки.

На шлицах вала укреплены упорные шайбы *15* и *23* и ведущие элементы муфты *14* и *22*, которые несут на себе ведущие диски. Особенности их конструкции позволяют выдержать в нейтральном положении муфты гарантированный зазор между каждой парой дисков.

Между ведущими дисками размещаются ведомые, имеющие специальные выступы, которыми они заходят в пазы ведомых чашек *16* и *25*. Ведомые диски так же, как и ведущие, выполнены из закаленной легированной стали и шлифованы. Верхняя ведомая чашка *16* несет на себе шестерни *12* и *13*, а нижняя ведомая чашка *25*, являющаяся одновременно тормозным барабаном, неподвижно связана с шестерней обратного вращения *26*.

На валу *I* перемещается нажимной элемент с чашками *17* и *20*. При движении нажимного элемента вверх ведущие и ведомые диски сжимаются между чашками *20* и *17*, вследствии чего ведомая чашка с шестернями *12* и *13* начинает вращаться со скоростью ведущего элемента. При движении нажимного элемента вниз сжимаются диски между чашками *20* и *23* — шестерня *26* получает вращение со скоростью ведущего элемента.

Нажимной элемент приводится в движение вилкой гидроцилиндра через шарикоподшипник со сферической обоймой *19*, которая служит для компенсации перекосов.

Вокруг чашек *16* и *25* установлены рубашки *18* и *21*, которые создают масляную ванну для улучшения условий работы фрикционных дисков.

Чашку *25* охватывает разрезное тормозное кольцо *24* с капроновым вкладышем. Эффект торможения достигается за счет пружины *6*, стягивающей тормозное кольцо. Растормаживание происходит гидравлически при поступлении масла в полость цилиндра тормоза. Управление тормозом и муфтой сблокировано таким образом, что в нейтральном положении муфты чашка *25* затормаживается, а в рабочем (включена верхняя, либо нижняя муфта) чашка *25* расторможена.

Под фрикционной муфтой размещен гидронасос сверлильной головки, получающий вращение от вала *I* через муфту *2*.

Между фрикционной муфтой и шпинделем располагается коробка скоростей, обеспечивающая изменение чисел оборотов шпинделя. С верхней муфтой коробка скоростей соединяется подвижным блоком шестерен *7* и *8*. С нижней муфтой коробка скоростей связана шестерней *4*, закрепленной на валу *II* на шпонке, через паразитную шестерню *3*.

Таким образом, при работе верхней муфты вал *II* вращается с одной из двух возможных скоростей в направлении, обеспечивающем вращение шпинделя по часовой стрелке. При работе нижней муфты вал *II* вращается с постоянным числом оборотов в направлении, обеспечивающем вращение шпинделя против часовой стрелки. Вследствие этого каждым двум ступеням оборотов шпинделя по часовой стрелке соответствует одна ступень оборотов против часовой стрелки.

Коробка подач расположена между шпинделем и механизмом подачи и получает вращение от шпинделя.

Механизм подач представляет собой вертикальный червячный вал.

Вал механизма подач связан с последней шестерней коробки подач через шариковую предохранительную муфту, которая рассчитана на передачу максимального крутящего момента. Величина передаваемого крутящего момента может быть настроена с помощью гайки, которая через упорный подшипник и шайбу воздействует на пружины и шарики.

Последние помещены в расточках корпуса, связанного с выходным валом коробки подач.

При возрастании крутящего момента на валу червяка до максимального осевая составляющая окружного усилия на муфте перемещает подпружиненные шарики, которые проскальзывают по зубьям полумуфты, отключая механическую подачу. Предохранительная муфта механизма подачи отрегулирована на заводе-изготовителе из условия передачи шпинделю максимального осевого усилия 2000 кГ и обеспечивает нормальную работу станка, поэтому регулировка ее целесообразна лишь только в случае ремонта, связанного с разборкой вертикального вала механизма подач. При регулировке необходимо тщательно контролировать величину осевого усилия на шпинделе, чтобы не вызвать чрезмерных перегрузок. Механизм ускоренного хода шпинделя является электромеханическим приводом.

Механизм включения подач предназначен для сообщения поступательного перемещения гильзе шпинделя от вертикального вала механизма подач или для ручного подвода шпинделя при помощи рукояток.

Сверлильная головка снабжена электрогидравлическим механизмом преселективного управления коробкой скоростей и подач. Под преселективным понимается такое управление, при котором требуемый режим устанавливается на рукоятках управления предварительно, т. е. во время работы на другом режиме. При необходимости установка нового, уже подготовленного режима требует незначительных затрат времени.

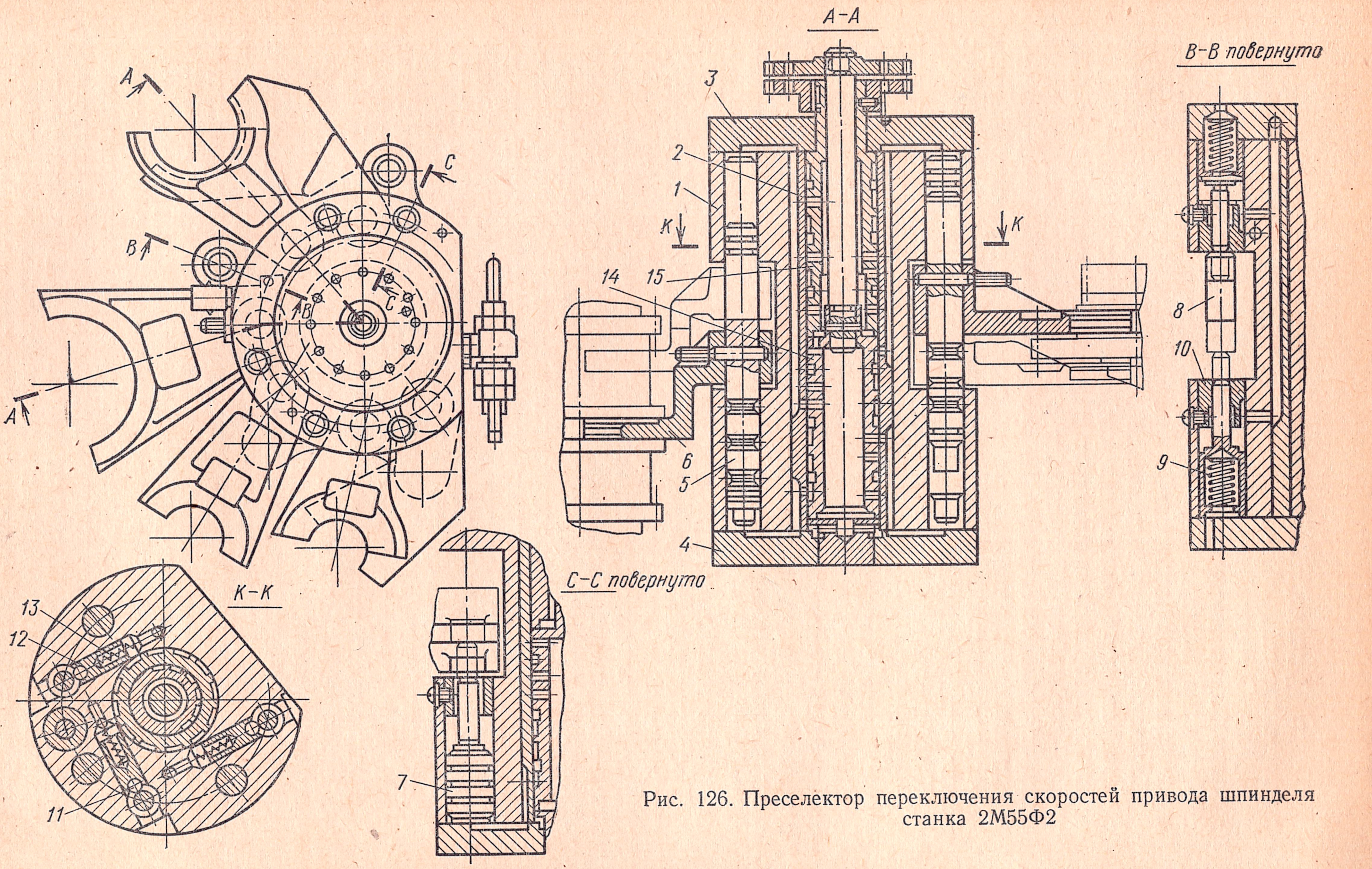

A–A
B–B повернуто
C–C повернуто
K–K
A
A
B
B
C
C
K
K
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15

Рис. 126. Преселектор переключения скоростей привода шпинделя станка 2М55Ф2

На рис. 126 представлена конструкция гидропреселектора, а на рис. 127 — конструкция его привода.

Переключение шестерен осуществляется исполнительным органом — гидропреселектором, размещенным в верхнем картере сверлильной головки и являющимся автономным агрегатом. Корпус гидропреселектора *1* представляет собой чугунную отливку, в центральную расточку которой запрессована гильза *2*. На поверхности гильзы профрезерованы каналы и выполнены сверления для пропуска масла в заданном направлении. Эти каналы совпадают с соответствующими фрезеровками верхней крышки *3* и основания *4*, которые прикреплены к корпусу *1* винтами.

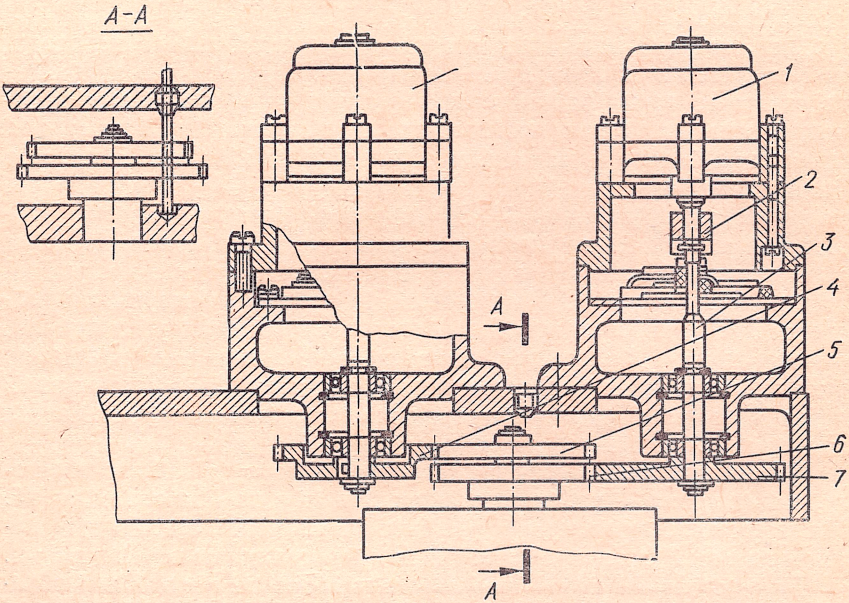


Рис. 127. Привод гидравлического преселектора коробки скоростей станка 2М55Ф2

Вокруг центральной расточки в корпусе *1* выполнены отверстия, являющиеся гидравлическими цилиндрами. На поршнях *5* надеты и заштифтованы чугунные вилки переключения *6*, щечки которых заходят в пазы соответствующих шестерен коробки скоростей и подач. В зависимости от направления потоков масла поршни *5* занимают верхнее или нижнее положение. Как известно из описания кинематической схемы, имеется два тройных блока шестерен, которые кроме крайних должны иметь среднее фиксированное положение. Для получения среднего положения служат дополнительные поршни *7*, диаметр которых больше диаметра поршней *5*. Ввиду этого при подаче давления одновременно в полость поршня *7* и в противоположную полость поршня *5* ход блока определяется величиной перемещения поршня *7*, которая равна половине хода тройного блока.

Поршни *8* находятся под действием пружин *9*, которые стремятся прижать их к втулкам *10*. Штоки поршней *8* при этом заставляют перемещаться вилку шестерни *5* (см. рис. 125) в среднее положение, в результате чего шпиндель отключается от коробки скоростей. При наличии давления в системе масло поступает в цилиндры и, преодолевая сопротивление пружин *9*, отводит поршни *8* в крайние положения. В этом положении шестерня *26* может занимать любое крайнее положение, определяемое настройкой гидропреселектора.

Для создания возможности предварительного выбора необходимой скорости и подачи (преселекции) давление масла в гидропреселекторе во время работы станка отсутствует и включается кратковременно лишь при производстве переключений. Поэтому для удержания блоков в выбранном положении на поршнях *5* имеются фиксаторные канавки, куда заходят шарики *11* фиксаторов *12*, подпираемых пружинами *13*. Эти пружины рассчитаны на небольшое усилие, чтобы не препятствовать движению поршней *5* при перемещении блоков. При работе станка, когда кроме массы блоков шестерен, поршней *5* и вилок на фиксаторы действуют динамические нагрузки, вызываемые вибрациями и рядом других причин, усилие пружин *3* может оказаться недостаточным для удержания блоков шестерен в выбранном положении. Поэтому под фиксаторы *12* через специальные сверления подводится давление, снимаемое только на период переключения.

В центральном отверстии гидропреселектора размещено два поворотных крана — избиратель скоростей *14* и избиратель подач *15*. Их форма обеспечивает поступление масла через отверстия и каналы гильзы *2*, крышки *3* и основания *4* в цилиндры переключения.

Для установки необходимого числа оборотов и подачи необходимо повернуть избиратели *14* и *15* в заданную позицию. Поворот осуществляется специальными электродвигателями *1* (рис. 127) со встроенным редуктором с помощью муфт *2*, сидящих на выходных валах редукторов, валиков *3* и шестерен *4*, *5*, *6* и *7*. Выбор чисел оборотов и подач осуществляется маховичками, каждый из которых может занимать фиксированные положения (по числу ступеней скоростей и подач.)

Таким образом, механической связи между маховичками набора режимов и исполнительным органом — гидропреселектором — нет, имеется лишь электрическая связь.

В правой нижней части сверлильной головки рядом с электрическим пультом находится командоаппарат (рис. 128), который служит для управления циклом при работе на станке. Командоаппарат содержит три конечных выключателя, от которых электрические команды подаются на электромагниты гидрозолотников.

Рукоятка, закрепленная на оси *1* во вращающемся корпусе *2*, имеет четыре положения, нейтральное положение фиксируется шариком *3* и пазом.

При подъеме рукоятки *4* в нейтральном положении происходит нажим на микропереключатель *В3*, при этом производится переключение режимов.

Поворот рукоятки *4* по часовой стрелке осуществляет нажим микропереключателя *В2*. Это положение соответствует правому вращению шпинделя. При повороте рукоятки *1* против часовой стрелки происходит срабатывание конечного выключателя *В1*. Это положение соответствует левому вращению шпинделя.

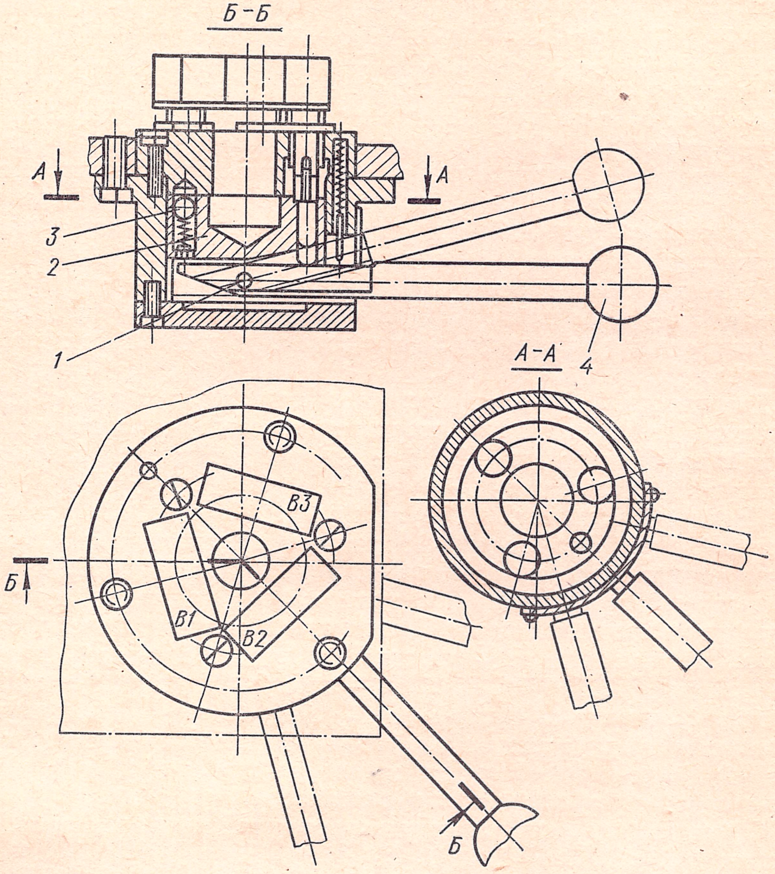


Рис. 128. Командоаппарат управления циклом работы шпинделя станка 2М55Ф2

Инструментальный стеллаж предназначен для установки различных инструментов (всего 19 видов), обеспечивающих работу станка по программе.

Стеллаж представляет собой сварной каркас, внутри которого расположены выдвижные ящики для хранения инструмента. В верхней части стеллажа размещены 19 ячеек для установки инструмента.

Каждая ячейка имеет лампочку, которая сигнализирует о том, какой инструмент должен быть использован в соответствии с программой, и микропереключатель, который обеспечивает следующие блокировки:

запрещается работа станка по автоматическому циклу в случае извлечения инструмента не из запрограммированной ячейки;

запрещается работа при установке использованного инструмента не в свою ячейку, а в ячейку, из которой был извлечен следующий по технологии инструмент.

Электрооборудование радиально-сверлильного станка с программным управлением состоит из следующих частей:

а) электрооборудования позиционирования координатного стола КСУ-53 совместно с пультом числового программного управления;

б) электрооборудования сверлильной головки с числовым программным управлением технологическими циклами обработки;

в) электрооборудования вертикального перемещения рукава станка, предварительного набора скоростей и подач шпинделя, местного освещения станка и подачи охлаждающей жидкости в зону резания.

Координатный стол осуществляет позиционирование обрабатываемой детали по двум координатам, задаваемым на пульте устройства «Координата С-70» при помощи перфоленты или переключателей ручного ввода — преднабора.

Принцип программного управления сверлильной головкой — числовой. Программа задается с помощью переключателей. Можно одновременно задавать глубины обработки для 19 инструментов по числу инструментов на инструментальном стеллаже. Для каждого инструмента программируются две команды на переключателях. Первая команда — окончание быстрого подвода и начало рабочей подачи. Вторая команда — окончание рабочей подачи и отвод инструмента ее детали.

Команды формируются схемой совпадения, сравнивающей число, заданное переключателями на пульте электрошкафа, с фактическим положением абсолютного датчика.

Схема станка предусматривает следующие технологические циклы:

Цикл 1: ускоренный подвод — рабочая подача — ускоренный отвод (цикл сверления сквозного отверстия).

Цикл 2: ускоренный подвод — рабочая подача — выдержка времени — быстрый отвод (цикл подрезки торца).

Цикл 3: ускоренный подвод — рабочая подача — выдержка времени и отключение вращения шпинделя — быстрый отвод (цикл расточки).

Цикл 4: ускоренный подвод — рабочая подача — реверс шпинделя и рабочей подачи — ускоренный отвод (цикл нарезания резьбы).

Эти технологические циклы могут быть выбраны оператором на переключателях.

Каждый такой переключатель в положениях *5*, *6*, *7*, *8*, *9* и *0* обеспечивает возможность работы станка без автоматического цикла.

Электрическая схема станка изображена на рис. 129.

Станок подключается к цеховой электросети через вводной автомат *В1*. При этом напряжение подается на трансформаторы *Тр3*, *Тр4*, *Тр5*, *Тр6*, *Тр7*.

Питание электрических цепей происходит от выходных обмоток следующих трансформаторов: *Тр1*, *Тр2* — цепи динамического торможения; *Тр3* — магниты пускателей и гидрозолотников, местное освещение, реле и схема предварительного набора режимов, индикаторные лампы; *Тр4* — цепи управления. Группа из трех трансформаторов *Тр5*, *Тр6*, *Тр7* и установленных на их выходе выпрямителей предназначена для питания схемы ЧПУ.

Схема управления координатным столом питается напряжением 380 В, 50 Гц после вводного автомата *В1* и реле нулевой защиты *Р1*.

Включение станка осуществляется кнопкой «*Пуск станка*», расположенной на пульте электрошкафа; срабатывает реле нулевой защиты *Р1*, подает питание в электросхему станка.

На пульте управления станком загорается сигнальная лампа «*Станок включен*».

Аварийное отключение станка осуществляется кнопками с красными грибовидными толкателями из выносного пульта на координатном столе и пульта на сверлильной головке станка.

Эти кнопки отключают контактор нулевой защиты *Р1*.

Кроме того, останов движения шпинделя осуществляется кнопками с красными толкателями из двух мест: пульта на сверлильной головке станка, пульта электрошкафа.

Электросхема предусматривает четыре режима работы станка:

1 — автоматический режим;

2 — полуавтоматический режим;

3 — режим «*Преднабор*»;

4 — режим «*Ручное управление*».

Выбор режима работы станка производится с помощью переключателя режима работ, расположенного на пульте устройства «Координата С-70».

При работе в автоматическом режиме переключатель режима работ на пульте «Координата С-70» необходимо установить в положение «*Автомат*».

После нажатия кнопки «*Цикл*» на пульте стола вводится кадр перфоленты, координатный стол отрабатывает введенную программу по *X* и *Y*, шпиндельный узел головки обрабатывает отверстие (координата *Z*). При вводе каждого кадра, кроме индикации номера инструмента на устройстве «Координата С-70», на пульте электрошкафа осуществляется индикация запрограммированных значений скорости и подачи.

Электрическая схема, обеспечивающая обработку по координате *Z*, работает следующим образом.

Приходящий из пульта стола сигнал «*Позиционирование стола окончено*» подает команду на обработку отверстия по координате *Z*.

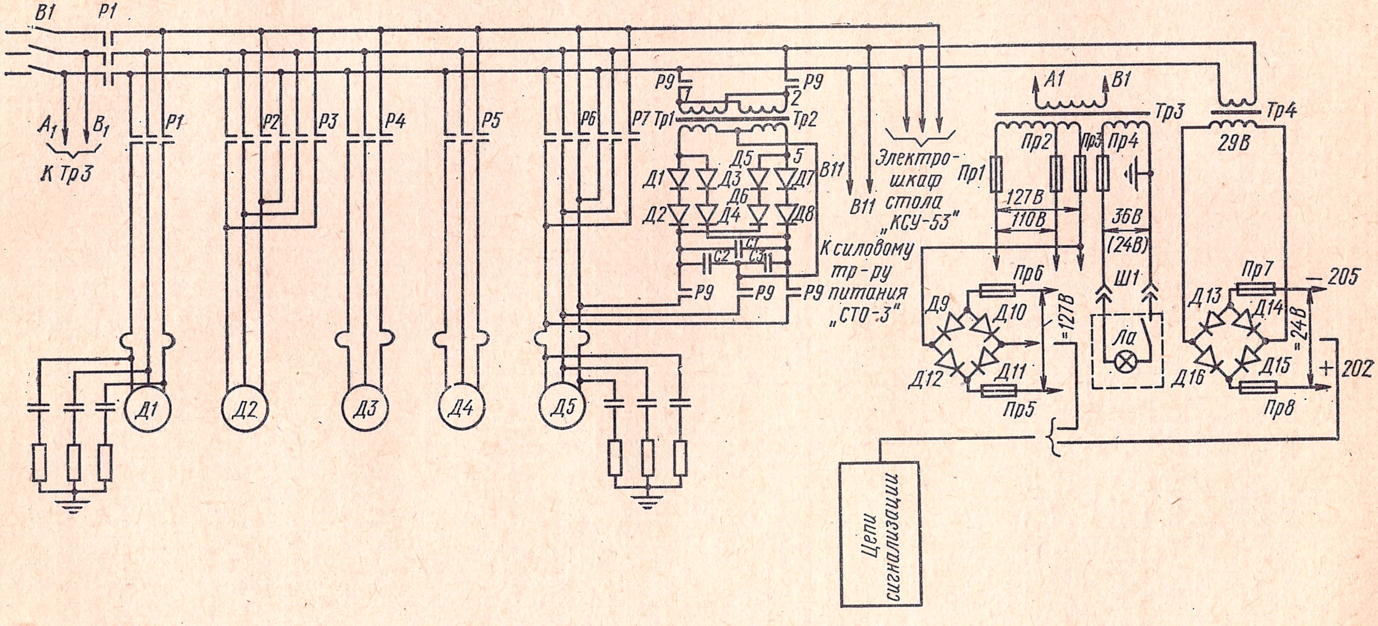

В1
Р1
А1
В1
К Тр3
Р1
Р2
Р3
Р4
Р5
Р6
Р7
Тр1
Тр2
Р9
Р9
2
5
Д1
Д2
Д3
Д4
Д5
Д6
Д7
Д8
С1
С2
С3
Р9
Р9
Р9
В11
В11
Электро-шкаф стола „КСУ-53"
К силовому тр-ру питания „СТО-3"
А1
В1
Тр3
Тр4
Пр1
Пр2
Пр3
Пр4
127В
110В
36В
(24В)
29В
Пр5
Пр6
Пр7
Пр8
Д9
Д10
Д11
Д12
Д13
Д14
Д15
Д16
=127В
=24В
Ш1
Ла
— 205
+ 202
Д1
Д2
Д3
Д4
Д5
Цепи сигнализации

Рис. 129. Электрическая схема станка 2М55Ф2

При этом в схеме станка срабатывают электроаппараты в такой последовательности: реле пуска, реле цикла, реле быстрого подвода, электродвигатель быстрого перемещения и реле вращения шпинделя, а также в зависимости от выбранного технологического цикла обработки одно из реле циклов (всего их 4).

Происходит быстрый подвод вращающегося шпинделя с инструментом к заготовке.

Совпадение фактического положения шпинделя с заданной величиной пути быстрого подвода приводит к выдаче команды на переход с быстрого подвода инструмента на рабочую подачу.

При обработке сквозного отверстия (цикл *1*) срабатывает реле рабочей подачи и включается электромагнитная муфта, соединяющая выходной вал коробки подач с кинематической цепью перемещения шпинделя. Начинается рабочая подача и обработка отверстия.

Когда шпиндель достигает положения, заданного переключателями, срабатывает схема параллельного совпадения. Происходит быстрый отвод до верхнего исходного положения. Цикл обработки завершен.

При других заданных циклах (*2*, *3*, *4*) последовательность этапов цикла несколько изменяется.

В цикле *2* отключается муфта, соединяющая выходной вал коробки подач с кинематической цепью перемещения шпинделя, включается схема торможения двигателя *Д5*. По окончании выдержки времени начинается быстрый отвод шпинделя до верхнего исходного положения.

В цикле *3* после срабатывания соответствующего реле дополнительно по отношению к циклу *2* шпиндель тормозится.

В цикле *4* шпиндель реверсируется. Специальное реле подготавливает схему совпадения первой команды для повторного срабатывания. При повторном совпадении координаты, заданной переключателями, нарезание резьбы заканчивается и шпиндель ускоренно поднимается вверх.

В начале движения вверх происходит ввод нового кадра и подготавливается следующий этап обработки детали.

В схеме предусмотрена специальная группа декадных переключателей, позволяющая сдвигать вниз исходное положение шпинделя (неполный отвод). Эти переключатели позволяют уменьшить ход шпинделя при отводе для сокращения потерь времени на холостое движение шпинделя. При этом неполный отвод шпинделя происходит только в случае:

1) если в следующем кадре, считанном с ленты, не записано «*Смена инструмента*»;

2) если на переключателях «*Неполный отвод*» набран размер меньше, чем на переключателях первой команды заданной группы.

После прихода шпинделя в положение «*Неполный отвод*» поступает команда на отработку считанного ранее кадра и происходит позиционирование стола. По окончании позиционирования поступает команда «*Позиционирование окончено*» и начинается новый цикл обработки.

Если в новом кадре записано «*Смена инструмента*», то шпиндель отводится в верхнее исходное положение и отработка по координатам *X* и *Y* не происходит, пока оператор не произведет следующие действия:

1. Установит инструмент, вынутый им предварительно из шпинделя, в соответствующее гнездо на инструментальном стеллаже.

2. Извлечет заданный инструмент из гнезда инструментального стеллажа и вставит его в конус шпинделя.

3. Проверит набор скорости и подачи и произведет их переключение.

4. Нажмет на кнопку «*Цикл*» на пульте «Координата С-70» или на дополнительном пульте управления стола КСУ-53.

В полуавтоматическом («*Единичный с ленты*») режиме ввод перфоленты осуществляется нажимом на кнопку «*Ввод*», а отработка введенного кадра — нажимом на кнопку «*Цикл*». Обе кнопки расположены на панели управления устройства «Координата С-70». Движения механизмов станка в этом режиме такие же, как в режиме «Автомат».

При работе в режиме «Преднабор» переключатель «*Режим работ*» на пульте «Координата С-70» необходимо установить в положение «*Преднабор*». Координаты *X* и *Y* и номер инструмента задаются соответствующими переключателями на пульте этого устройства. По окончании позиционирования стола происходит движение шпинделя и обработка отверстия по координате *Z*. Движения механизмов станка в режиме «*Преднабор*» аналогичны движениям в режиме «*Автомат*».

При установке переключателя режима работ на пульте «Координата С-70» в один из трех рассмотренных режимов происходит автоматический зажим основной колонны. Время, в течение которого происходит зажим, определяет реле времени.

Для получения позиционирования стола без перемещения шпинделя необходимо набрать по адресу *T* такой номер инструмента, которому соответствует набор на переключателе *G* — 5, 6, 7, 8, 9, 0.

Для работы в режиме «Ручное управление» (*РУ*) необходимо установить переключатель режима работ в положение *РУ*; при этом управление всеми рабочими органами возможно от своих органов управления.

Схема станка предусматривает преселективный набор скоростей и подач во время работы станка.

Позиционирование стола и работа шпинделя по циклу осуществляется, если выполнены следующие условия: шпиндель находится в исходном (верхнем) положении; инструмент вынут из запрограммированного гнезда; произведено, если оно задано по программе, переключение режимов; рукоятка управления фрикционной муфтой находится в среднем положении; произведен зажим рукава на дополнительной колонне; выключен маховичок тонкой подачи.

При невыполнении перечисленных условий загорается одна из сигнальных ламп «*Блокировки*».

Наладка и обслуживание электрооборудования

Станок и отдельно стоящие электрошкафы должны быть надежно присоединены к общей системе заземления цеха согласно действующим нормам техники безопасности. При осмотре или ремонте электроаппаратуры вводной выключатель должен быть обязательно выключен.

Пусковую аппаратуру нужно регулярно очищать от пыли, обгоревшие контакты зачищать, ослабевшие соединения проводов подтягивать.

Схема станка позволяет производить запрограммированный останов станка при автоматической обработке с перфоленты. Для этого в кадре перфоленты программируется нулевой номер инструмента (*Т.00*). Для продолжения обработки необходимо нажать на кнопку «*Цикл*».

Станок снабжен двумя автономными гидравлическими системами: одна из них обеспечивает зажим колонны, а другая — гидросистема сверлильной головки — обеспечивает управление фрикционной муфтой, преселективное управление скоростями и подачами и зажим головки на рукаве, а также работу централизованной системы смазки сверлильной головки.

Наладка станка

На стадии первоначального пуска. Правильность фазировки проверяют включением тумблера вертикального перемещения рукава. Если направление перемещения не соответствует стрелкам, следует поменять местами два подводящих провода на вводном клеммнике электрошкафа. После подключения станка заполняют маслом резервуары и производят смазку трущихся частей.

Включением вводного автомата на электрошкафу станок подключается в сеть.

При нажатии на кнопку «*Пуск*» включается электродвигатель главного движения и маслонасос начинает подавать масло в гидросистему. При этом рукоятка командоаппарата должна находиться в среднем положении. При переводе рукоятки в одно из крайних положений шпиндель начинает вращаться в направлении поворота рукоятки.

Устанавливают переключатель «*Режим работ*» на панели устройства «Координата С-70» в положение «*Ручное управление*» и проверяют действие механизмов станка.

Для проверки механизмов зажима на пульте управления сверлильной головки имеются два тумблера.

Поставив тумблер «*Совместно — раздельно*» в положение «*Совместно*» переводят тумблер «*Отжим — зажим*» в положение «*Отжим*». При этом рукав с колонной должен легко вращаться относительно цоколя (при разведенных губках тисков вспомогательной опоры), а сверлильная головка должна легко перемещаться вдоль рукава маховиков перемещения (при снятых упорах).

При переводе тумблера в положение «*Зажим*» должны одновременно зажаться колонна и головка. В положении тумблера «*Раздельно*» должна отжиматься только колонна.

При переводе тумблера вертикального перемещения рукава в одно из положений рукав перемещается в направлении, соответствующем стрелке. При первых нескольких оборотах винта происходит отжим рукава, а затем начинается перемещение рукава.

При прекращении воздействия на тумблер перемещение прерывается, а винт реверсируется и совершает несколько оборотов для зажима рукава, после чего останавливается.

Проверяют механизмы преселективного набора чисел оборотов и подач. Для этого, не выключая вращения шпинделя, устанавливают выбранное число оборотов и подачу. Затем переводят рукоятку командоаппарата в среднее положение. При этом шпиндель должен остановиться (автоматически срабатывает тормоз).

Поворот кранов гидропреселектора при настройке скоростей и подач производится специальными двигателями и может длиться до 6 с (в зависимости от выбранного режима).

Включение набранного режима следует производить при разрешающем зеленом свете сигнальной лампы на пульте управления, который указывает на окончание поворота кранов и подготовку гидропреселектора к переключению.

При повороте рукоятки командоаппарата по часовой стрелке шпиндель будет вращаться вправо с набранным числом оборотов.

Рекомендуется опробовать включение нескольких чисел оборотов и подач, а затем на 2 ч включить станок для проверки нагрева масла. Допустимый нагрев масла не более 50°.

Если при соблюдении всех правил все же наблюдаются сбои в наборе режимов, т. е. неправильное включение скоростей и подач, это может быть следствием следующих легко устраняемых причин:

а) упало давление в системе — необходимо отрегулировать давление переключения в соответствии с указаниями, приведенными в описании гидравлической схемы;

б) недостаточен уровень масла в картере сверлильной головки, что приводит к вспениванию масла и к попаданию воздуха в гидросистему, — следует долить масло (примерно до половины смотрового стекла).

Необходимо иметь в виду, что включение механической подачи можно производить только после зажима головки. Важно также помнить, что включать предельную механическую подачу при максимальных числах оборотов нельзя. Это может привести к поломке станка.

На стадии ввода в эксплуатацию. Обрабатываемая деталь надежно крепится на координатном столе станка.

В соответствии с выполняемыми на станке операциями подбираются и устанавливаются в шпиндель вспомогательный и режущий инструменты.

При работе по программе режущие инструменты устанавливаются в необходимой последовательности в ячейки инструментального стеллажа. При работе тяжелым инструментом следует отрегулировать пружину противовеса.

Рукав устанавливают на такой высоте, чтобы обработка велась при минимально выдвинутой пиноли шпинделя.

При выборе режимов резания следует иметь в виду предельно допустимые режимы станка. Если в случае ошибки параметры режимов превысят допустимые значения, поломки не произойдет, так как его силовые узлы снабжены предохранительными устройствами, защищающими механизмы станка от перегрузки. Однако при срабатывании предохранительных устройств нужно снизить режимы.

Установку требуемых значений скоростей и подач производят следующим образом:

1. Если шпиндель не работает и рукоятка управления фрикционной муфтой находится в среднем фиксированном положении, то поворачивают рукоятку набора скоростей или подач до совмещения нужной цифры на рукоятке с указательной стрелкой. При этом на пульте погаснет сигнальная лампа. После того как лампа загорится, включают вращение шпинделя рукояткой управления фрикционной муфтой.

2. Если шпиндель работает и рукоятка управления фрикционной муфтой находится в одном из крайних положений, то поворачивают рукоятки набора в нужное положение; после того как загорится сигнальная лампа, рукоятку управления фрикционной муфтой переводят в среднее фиксированное положение; затем снова включают рукоятку управления фрикционной муфтой, как описано в п. 1.

В процессе работы механическую подачу можно включать и выключать рукоятками.

§ 4. ПРОГРАММНОЕ УПРАВЛЕНИЕ В РАСТОЧНЫХ СТАНКАХ

Наиболее распространены расточные станки двух типов: горизонтально-расточные и координатно-расточные. На координатно-расточных станках программируется выход в требуемую позицию. Наиболее распространены координатно-расточные станки модели 2А430Пр (2В430Пр), выполненные на базе серийного координатно-расточного станка модели 2А430(2В430). Станки предназначены для обработки отверстий в кондукторах, приспособлениях и деталях в том случае, если необходимо обеспечить высокую точность взаимной координации обрабатываемых отверстий. На станке также можно производить разметку и проверку линейных размеров и межцентровых расстояний. Высокая точность обработки обеспечивается применением совершенной системы подвода стола в требуемую позицию.

Полный ход стола в станках указанной модели составляет 400 мм. Точность остановки в станке с программным управлением ±1 мкм. Позиционный привод работает в цикле без перебега, подвод осуществляется только с одной стороны. Продолжительность процесса позиционирования, начиная от получения команды на быстром ходу вплоть до отключения схемы управления, составляет 3—5 с. Скорость быстрого хода составляет 1500 мм/мин, скорость доводочного перемещения — 4 мм/мин. Программа записана на перфоленте. Путь перемещения измеряется с помощью индуктивного винта. Точность подачи команды составляет 0,5—0,7 мкм. Привод подачи станков рассматриваемого типа строится на базе двигателей МИ-12 или ЭП-245. Кинематическая цепь содержит передачу винт — гайка скольжения.

Блок-схема системы программного управления перемещениями стола представлена на рис. 130. Измерение заданных перемещений производится индуктивным проходным преобразователем с круглыми полюсными наконечниками. Сердечники *9* и *10* преобразователя укреплены на столе *5* и перемещаются вместе с ним относительно неподвижного винта-якоря *11*, обеспечивая отсчет перемещений, кратных шагу преобразователя.

С носителя *1* через вводное устройство *2* сигнал попадает в регулятор *3*, который управляет двигателем *4* по результатам сравнения сигналов от датчиков *6*, *7*, *9* и *10*.

Для отработки перемещений, величина которых содержит доли шага, якорь поворачивается отдельным электродвигателем *8*. Величина угла его поворота, т. е. величина внутришагового деления, контролируется датчиком положения *7*, в качестве которого применен двухкаскадный индуктивный преобразователь (рис. 131, *а*).

При простой конструкции преобразователь позволяет производить отсчет перемещений с ценой деления до 0,001 мм. Преобразователь состоит из двух каскадов: первого — для предварительного, грубого отсчета линейного перемещения или угловых величин и второго — для окончательного, точного измерения. Поэтому якорь *6* преобразователя также состоит из двух симметрично расположенных секций. Левая часть первой его секции представляет собой зубчатое колесо с наружным зубом, а на ее правой части нарезана однозаходная ленточная резьба. Толщина зуба принята равной половине шага резьбы, при этом на выходе преобразователя получается большой линейный участок. Якорь размещается в радиальных опорах корпуса *8* из немагнитного материала, которые предохраняют его от осевого смещения, обеспечивая легкое и плавное вращение при малых зазорах и отсутствии перекосов. В левой части корпуса *8* помещен сердечник *1* с внутренними зубьями, число и шаг которых равны числу и шагу зубьев, нарезанных на левом конце якоря. Рядом с ним устанавливается сердечник *2* с круглыми полюсными наконечниками, профиль резьбы которых соответствует резьбе на расположенном под ним участке якоря. Сердечники отделены друг от друга немагнитными кольцами-прокладками.

Сердечники *2* и *4* вместе с соответствующими участками якоря образуют зубчатый винтовой преобразователь с круглыми полюсными наконечниками, который является первым винтовым каска-

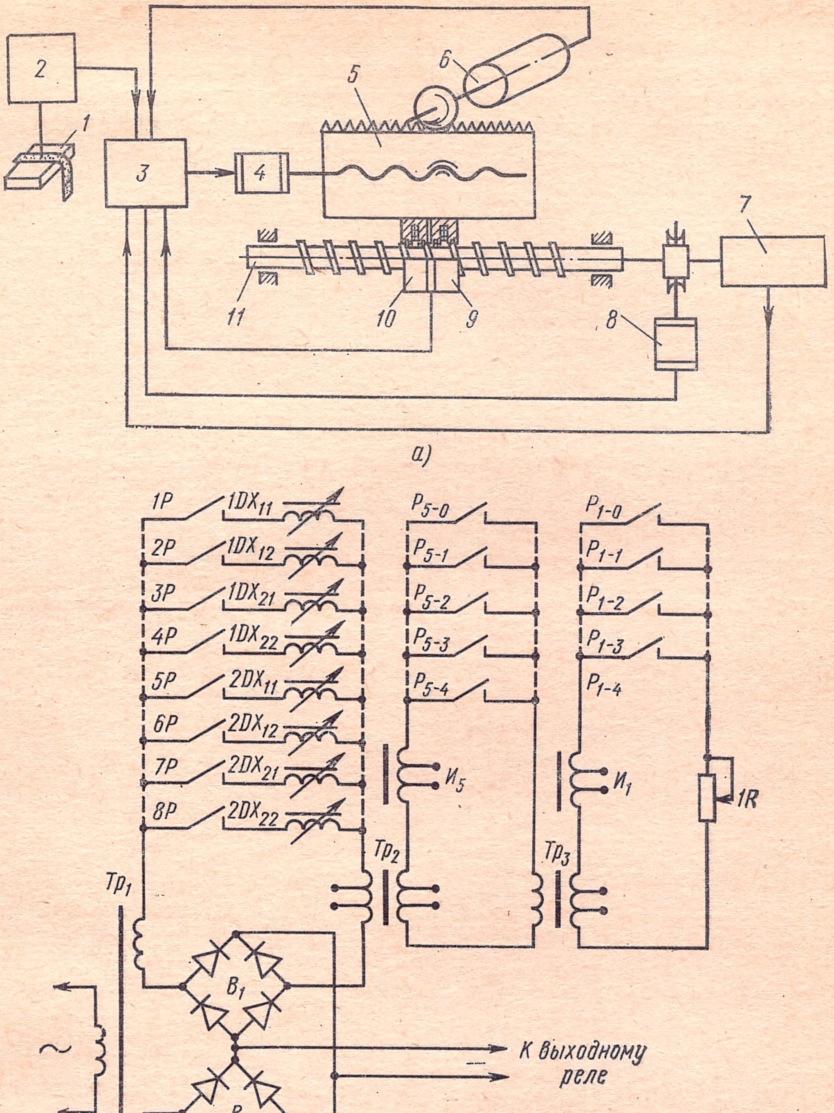

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
а)
1P
2P
3P
4P
5P
6P
7P
8P
9P
10P
$1DX_{11}$
$1DX_{12}$
$1DX_{21}$
$1DX_{22}$
$2DX_{11}$
$2DX_{12}$
$2DX_{21}$
$2DX_{22}$
P_{5-0}
P_{5-1}
P_{5-2}
P_{5-3}
P_{5-4}
P_{1-0}
P_{1-1}
P_{1-2}
P_{1-3}
P_{1-4}
$И_5$
$И_1$
1R
2R
3R
$Тр_1$
$Тр_2$
$Тр_3$
B_1
B_2
~
К выходному реле
$СИХ_1$
$СИХ_2$
б)

Рис. 130. Блок-схема системы программного управления перемещениями стола станка 2А430Пр

дом двухкаскадного преобразователя, а сердечники *1* и *5* — круговой зубчатый преобразователь, служащий вторым, зубцовым, каскадом. Таким образом, каждый каскад состоит из двух преобразователей: первый — из двух винтовых (сердечники *2* и *4*), а второй — из двух круговых (сердечники *1* и *5*). Сердечники каждого типа сдвинуты относительно другого на четверть шага, вследствие чего при вращении якоря выходные характеристики их также сдвигаются на одну четвертую шага (рис. 131, *б*). Сдвиг сердечников используется для получения линейной характеристики на протяжении всего шага. Выбор того или иного линейного участка определяется включением катушки соответствующей части каскада в схему сравнения. Во второе плечо схемы сравнения включается симметрирующая индуктивность, эквивалентная по величине средней индуктивности винтового и зубцового каскадов.

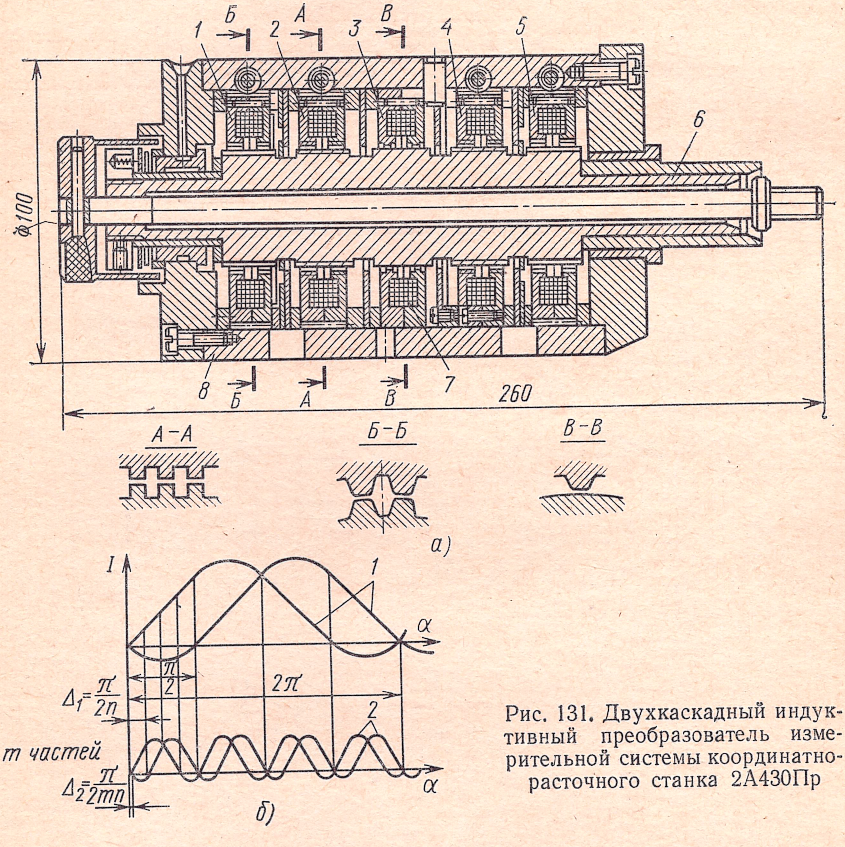


Рис. 131. Двухкаскадный индуктивный преобразователь измерительной системы координатно-расточного станка 2А430Пр

Для устранения влияния температурных изменений на точность измерения симметрирующая индуктивность смонтирована в корпусе преобразователя. Величина ее определяется числом витков катушки сердечника *3* и диаметром гладкого участка якоря *6*.

Отсчет перемещений в двухкаскадном преобразователе производится при вращении якоря относительно неподвижных сердечников: предварительно — по винтовому каскаду и окончательно — по зубцовому.

Используя метод сдвига нуля характеристики преобразователя, можно делить линейные участки характеристик каждого каскада на необходимое число частей.

Использование двухкаскадного преобразователя позволяет обеспечить при простой и надежной конструкции высокую точность измерения перемещений (с ценой деления до 1 мкм).

Оба каскада преобразователя — винтовой (предварительный) и зубцовый (конечный) — включаются в одно плечо мостовой схемы сравнения (см. рис. 130, *б*), во второе плечо которой включена симметрирующая индуктивность $СИХ_1$, смонтированная в корпусе преобразователя.

Каждый каскад преобразователя состоит из двух сердечников $1DX_{11}$ и $1DX_{12}$, $1DX_{21}$ и $1DX_{22}$, сдвинутых относительно друг друга на $^1/_4$ шага резьбы, а в схему сравнения включается магазин индуктивностей.

Магазин состоит из двух самостоятельных индуктивностей с отводами «пятерок» и «единиц». Индуктивность «пятерок» $И_5$ имеет величину и отводы, позволяющие смещать точку баланса на выходе мостовой схемы в пределах всего линейного участка характеристики винтового каскада через $^1/_5$ его длины, а индуктивность «единиц» $И_1$ — в пределах $^1/_5$ линейного участка — через $^1/_{25}$ его длины. Сопротивление $1R$ дает $^1/_2$ единицы. Таким образом, каждый из линейных участков можно разделить на 50 частей, а весь шаг — на 200.

Один и тот же магазин индуктивностей используется для винтового и зубцового каскадов. Коррекцию различной крутизны характеристик каскадов с целью использования одного магазина производит трансформатор $Тр_2$ с отводами. Линеаризация кривой преобразователя в пределах рабочего участка осуществляется с помощью трансформатора $Тр_3$, что позволяет использовать одну индуктивность $И_1$ при различных «пятерках».

Комбинированный преобразователь позволяет выбирать точку баланса мостовой схемы (т. е. получить команду на прекращение поворота винта-якоря) практически на любом участке его шага с разрешающей способностью, определяемой числом зубьев зубцового каскада и магазином индуктивностей. Выбор того или иного набора индуктивностей $И_1$ и $И_5$ определяется реле $P_{1-0} - P_{1-4}$ и $P_{5-0} - P_{5-4}$ в соответствии с заданным по программе внутришаговым перемещением, а датчиков положения — реле $1P - 10P$.

Отработка внутришагового отсчета контролируется винтовым каскадом $1DX_{11}$, $1DX_{12}$.

Серводвигатель *8* (см. рис. 130, *а*) одновременно с винтом поворачивает якорь комбинированного преобразователя. При повороте винта-якоря проходного преобразователя на заданный угол мостовая схема балансируется и выдает команду на отключение винтового и включение зубцового каскада $1DX_{21}$, $1DX_{22}$. Команда на окончание установки винта проходного преобразователя поступает в ближайшую точку баланса зубцового каскада, и двигатель *8* отключается.

По окончании установки винта *11* подается команда на перемещение стола с остановом в заданной координате. Измерение осуществляется с помощью индуктивного проходного преобразователя с круглыми полюсными наконечниками, включенного в мостовую схему сравнения. Нулевой сигнал на выходе схемы при движении стола повторяется каждые полшага. Для работы из двух точек баланса выбирается та, при подходе к которой срабатывает реле, включенное на выходе схемы. Так как точки баланса проходного преобразователя повторяются при этом через каждый шаг, необходимо передать ему управление в зоне, исключающей захват предыдущей точки баланса.

Выбор этой зоны (разрешение на включение проходного преобразователя) производит датчик положения стола *6* ($2DX$, $СИХ_2$), связанный с ним реечной передачей таким образом, что максимальному перемещению стола соответствует один полный оборот якоря датчика. Конструкция датчика положения стола и его работа аналогичны конструкции и работе датчика положения винта-якоря *11*.

При ускоренном движении стола от двигателя *4* со скоростью 2000 мм/мин контроль перемещения осуществляется винтовым каскадом датчика положения *6*, включенным в ту же схему сравнения, в которую включался при внутришаговом отсчете датчик положения.

В точке баланса винтовой каскад передает управление зубцовому. Стол, перемещаясь со скоростью 28 мм/мин, подходит к точке баланса зубцового каскада, после чего происходит окончательный подвод согласно заданной координате на скорости 3—4 мм/мин под контролем проходного преобразователя. Нулевой сигнал на выходе схемы его включения дает команду на отключение двигателя *4* и останов стола.

Величину перемещения стола задают с помощью программы, нанесенной на перфоленте блока ввода программы *1* и введенной считывающим устройством *2* в схему сравнения *3* в виде набора индуктивностей: для поворота винта-якоря (с целью внутришагового отсчета) и для выбора шага проходного преобразователя (с целью отработки шагового перемещения).

Шаговая накопленная погрешность винта компенсируется коррекционным датчиком (рис. 132), прикрепленным к сердечникам *3* и *4* проходного преобразователя. При перемещении сердечников вместе со столом станка рычаг *1*, связанный с якорем *7* коррекционного преобразователя, скользит по планке *5*, профиль которой повторяет график накопленной ошибки винта *2*. Обмотки *6* коррекционного преобразователя включены в схему проходного преобразователя и компенсируют погрешности его характеристики.

Чтобы повысить точность останова в заданной координате, в качестве выходного реле схем включения преобразователей используют магнитоэлектрическое реле типа М201, установленное для устранения влияния вибраций в электрическом шкафу на специальных амортизаторах.

Схема программного управления перемещениями салазок аналогична системе отсчета стола. Движение салазок начинается после отработки столом заданного перемещения, причем для включения датчиков положения салазок используется схема включения датчиков положения стола.

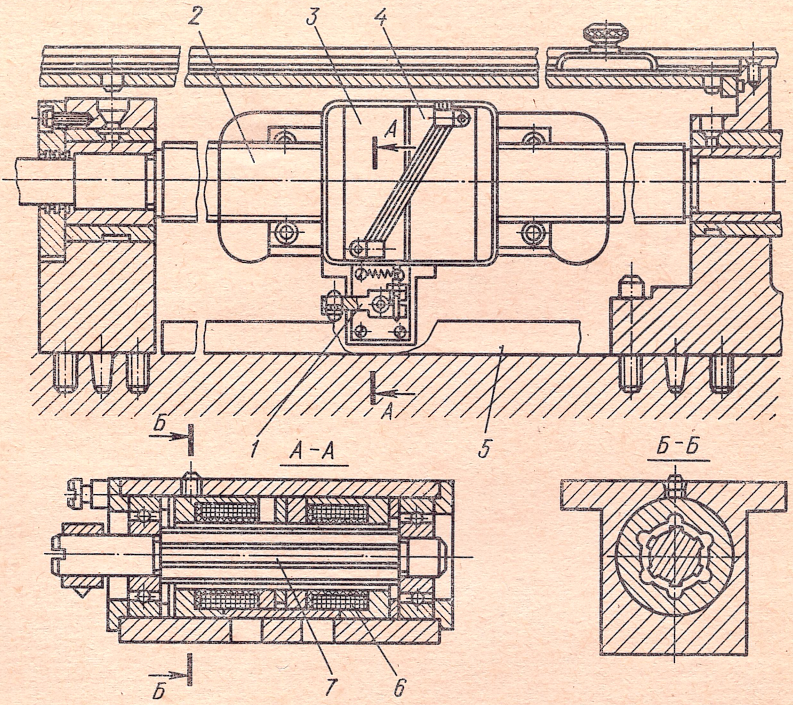


Рис. 132. Коррекционный датчик накопленной погрешности винта координатно-расточного станка 2А430Пр

Программируемыми перемещениями управляют с помощью электроприводов. В эксплуатации распространены станки, у которых привод главного движения управляется с помощью магнитных усилителей, а двигатели стола и салазок получают питание от ЭМУ. Постепенно приводы двигателя главного движения переводят на тиристорное фазовое управление, а электромашинные усилители в приводах двигателей подачи и позиционирования — на широтно-импульсное тиристорное управление (см. гл. IV 1-й книги), и наладчик должен быть готов к тому, что встретит в эксплуатации станки с указанными типами приводов.

Контрольные вопросы

1. Какие работы выполняются на сверлильных станках с ЧПУ?
2. За счет чего достигается экономия инструмента при использовании станков с ЧПУ?
3. Почему выгодно применять сверла с укороченным вылетом?
4. Как переключается скорость вращения шпинделя у радиально-сверлильного станка 2М55Ф2?
5. Зачем у станка 2М55Ф2 поставлена вторая колонна для поддержки рукава?
6. В чем преимущества и недостатки использования инструментального стеллажа с сигнализацией по сравнению с автоматическим магазином инструментов?
7. Как устроен датчик отсчета перемещений у координатно-расточного станка 2А430Пр?

Глава IV

СТАНКИ С ЧПУ ДЛЯ МНОГОЦЕЛЕВОЙ ОБРАБОТКИ

§ 1. ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СТАНКОВ ДЛЯ МНОГОЦЕЛЕВОЙ ОБРАБОТКИ

Развитие и совершенствование конструкций станков с ЧПУ привело к появлению станков, которые объединили в себе эксплуатационные качества целого ряда станков обычного исполнения. На этих станках, оснащенных устройством автоматической смены инструментов, можно выполнять многоцелевую обработку, в том числе фрезерование, сверление, растачивание, нарезание резьб, развертывание. Выпуск многооперационных станков, так называемых «обрабатывающих центров» (ОЦ), как у нас в стране, так и за рубежом неуклонно возрастает, накоплен опыт их успешной эксплуатации. На станках ОЦ, имеющих устройство для хранения инструментов (магазин инструментов) или многошпиндельную головку, можно при одной установке инструмента обрабатывать разнообразные по конструкции и назначению детали (корпусные, плоскостные, рычаги, вилки и т. д.), т. е. практически любые детали, не имеющие форму тел вращения.

Основные особенности станков ОЦ:

1) автоматизация всего цикла обработки (формообразование, изменение режимов резания, выполнение вспомогательных команд);

2) многоинструментность, т. е. возможность последовательно вводить в работу различные режущие инструменты;

3) быстродействие при выполнении вспомогательных команд и холостых перемещений, повышение доли основного времени в операционном;

4) повышенная точность обработки;

5) возможность быстрой переналадки;

6) высокая степень универсальности.

Использование станков с ЧПУ, в том числе ОЦ, ведет к значительному изменению технологического процесса изготовления деталей. При обработке деталей на станках с ручным управлением технологический процесс дробили на большое количество операций по видам работ (сверление, фрезерование, растачивание и т. д.). При обработке на ОЦ в таком дроблении нет необходимости, и за один установ обработка детали максимальная. Это упрощает планирование мелкосерийного производства и сокращает длительность цикла обработки.

Если обрабатывающий центр имеет горизонтальное расположение оси шпинделя и рабочий стол с вертикальной осью поворота, то возможна обработка установленной на стол детали с четырех сторон. Для полной обработки станки иногда снабжают различными по конструкции кантователями и поворотными устройствами или дополнительными шпинделями с вертикальной осью.

§ 2. КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И УЗЛЫ МНОГОЦЕЛЕВЫХ СТАНКОВ С ЧПУ

По конструктивному оформлению и компоновкам ОЦ, выпускаемые отечественной и зарубежной промышленностью, различны. Но все «обрабатывающие центры» имеют один шпиндель и магазин инструментов или револьверную шпиндельную головку. Инструменты используются последовательно. Обрабатывающие центры (как и другие станки с ЧПУ) имеют управляемые координаты, минимальное число которых для ОЦ равно трем. Управляемая координата осуществляет программируемое прямолинейное перемещение рабочего органа станка с помощью части системы ЧПУ, привода перемещения, редуктора, исполнительного механизма и датчика обратной связи. Количество управляемых координат может увеличиваться и при этом расширяются технологические возможности станков.

Первоначально ОЦ проектировали на базе имеющихся расточных и фрезерных станков, поэтому в их конструкции сохранилось некоторое сходство с рядом универсальных станков.

В последнее время чаще проектируют «обрабатываемые центры» с горизонтальным расположением шпинделя, что приближает эти станки по компоновке к горизонтально-расточным станкам. Однако практически на ОЦ существенным изменениям подверглись все узлы.

Оснащение станка револьверной головкой (рис. 133) является наиболее простым путем осуществления многоинструментной обработки, но 6—8 инструментов в револьверной головке недостаточно для полной обработки сложной детали. Кроме того, шпиндельные узлы револьверной головки не обладают достаточно высокой жесткостью. Если количество позиций в головке значительное, то закрепленные в соседних позициях длинные инструменты препятствуют работе с большим ходом. Практически больше восьми позиций в револьверной головке не делают.

Магазины инструментов ОЦ по конструктивному оформлению разнообразны. Они могут располагаться на шпиндельной бабке, на колонне или станине, на столе станка или даже вне станка на отдельном фундаменте. Рассмотрим несколько наиболее часто встречающихся видов магазинов и систем смен инструментов.

Относительно простым вариантом магазина является группа ячеек, установленных на столе станка в стороне от рабочей зоны. Для смены инструмента шпиндель совмещается с осью одной из ячеек и отдает в нее отработавший инструмент, затем переходит к другой ячейке и забирает из нее новый. При такой конструкции

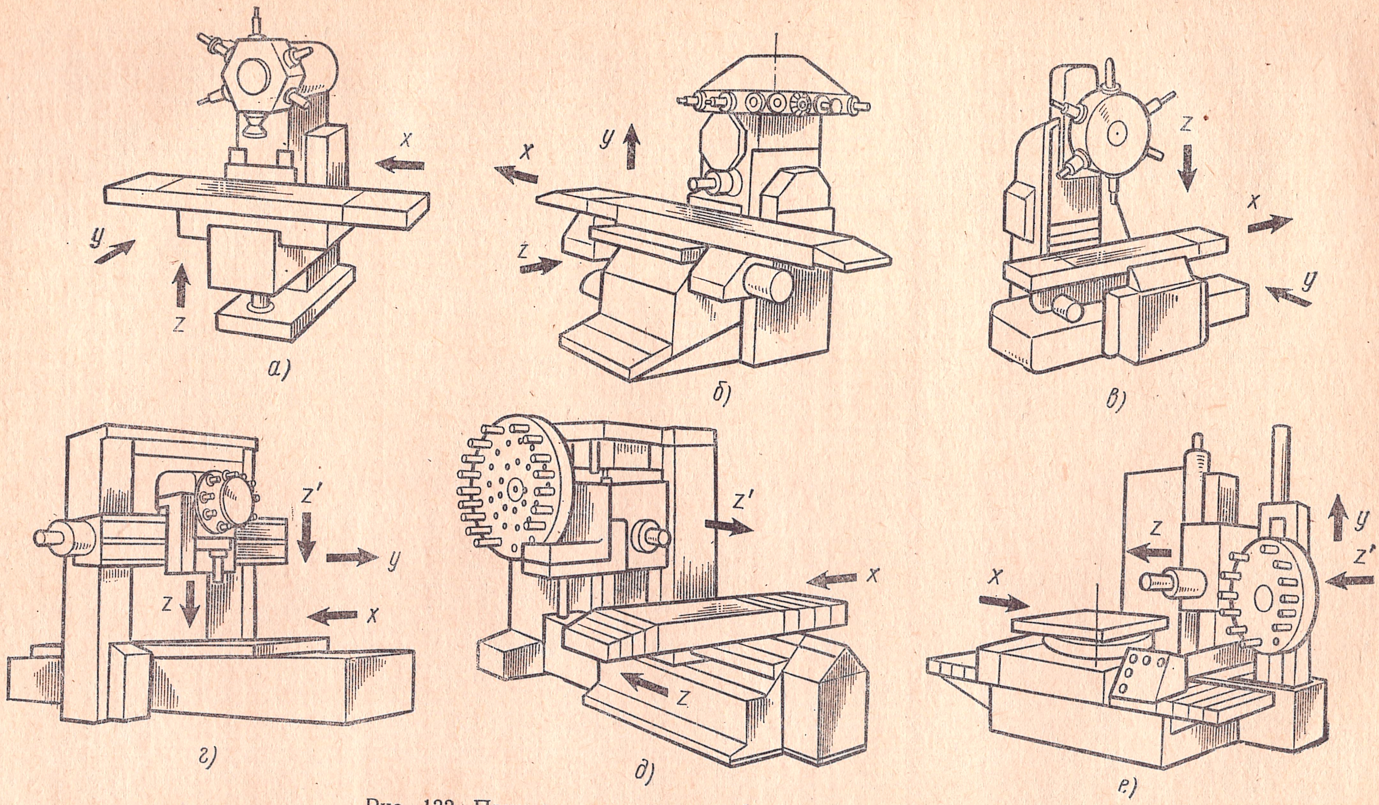


Рис. 133. Примеры компоновок обрабатывающих центров:

а — смена инструментов с помощью револьверной головки (шпиндели неподвижны в осевом направлении), *б* — смена инструментов автоматической рукой, *в* — смена инструментов с помощью револьверной головки (осевая подача Z с помощью салазок револьверной головки), *г* — магазин расположен на суппорте, *д* — магазин расположен на шпиндельной бабке сбоку, *е* — магазин расположен на отдельной стойке (большой объем магазина) затрачивается значительное время на смену инструмента и сокращается рабочая площадь стола.

Другой, сравнительно простой вариант магазина — револьверного типа (см. рис. 115), который монтируется на шпиндельной бабке таким образом, что один из инструментов в магазине соосен со шпинделем станка. Шпиндель станка, перемещаясь вниз вдоль оси, захватывает инструмент и выводит его в зону резания. При обратном ходе шпинделя инструмент освобождается и остается в магазине. Следует очередной поворот магазина, необходимый для работы инструмент занимает положение, соосное со шпинделем, и автоматически закрепляется в шпинделе станка. В магазине револьверного типа может размещаться 12—16 инструментов. Размещение бо́льшего количества инструментов невозможно из-за ограниченной длины хода шпинделя.

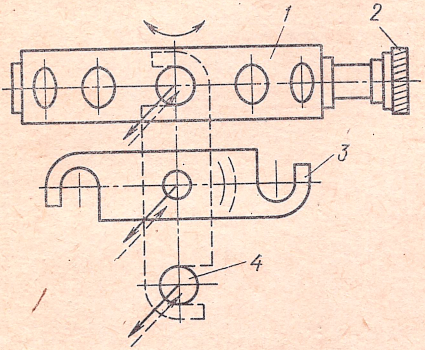


Рис. 134. Схема двухзахватной руки:

1 — магазин, *2* — инструмент, *3* — двухзахватная рука в положении, когда шпиндель работает (пунктиром показано положение захвата инструментов из магазина и шпинделя), *4* — шпиндель

Все чаще находят применение устройства для смены инструмента, так называемые автоматические руки — однозахватные и двухзахватные. Однозахватная рука одновременно может захватить только один инструмент, например взять его из шпинделя станка, установить в соответствующее гнездо магазина, извлечь из другого гнезда новый инструмент и перенести его в шпиндель. На время смены инструмента процесс обработки прерывается.

Более совершенным устройством является двухзахватная рука *3* (рис. 134). Одна из позиций магазина *1*, находящаяся в одной вертикальной плоскости со шпинделем *4*, является загрузочно-разгрузочной. Во время обработки детали магазин поворачивается и необходимый инструмент останавливается на позиции загрузки — разгрузки.

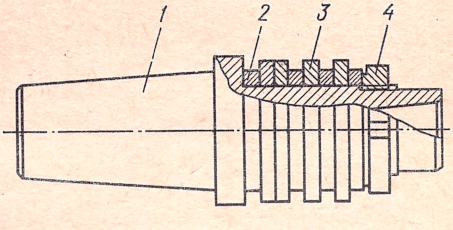


Рис. 135. Оправка с кодированием кольцами:

1 — оправка, *2* — распорные кольца, *3* — кодирующие кольца, *4* — затяжная гайка

В станке может кодироваться номер гнезда магазина или номер инструментальной оправки. При кодировании инструментальной оправки *1* (рис. 135) на ней закрепляются сменные кодовые кольца *3* двух диаметров. Восьми колец достаточно для кодирования номеров от 0 до 99 в двоично-десятичной системе, например нечетные кольца для разряда единиц, а четные для разряда десятков (см. гл. II 1-й книги). В некоторых ОЦ первые четыре кольца служат для кодирования разряда единиц, а вторые четыре — для разряда десятков.

Инструмент при участии автоматической руки заменяется следующим образом:

а) шпиндель перемещается назад в крайнее положение;

б) автоматическая рука из горизонтального положения поворачивается в вертикальное, захватывая одновременно отработавший инструмент в шпинделе и новый в магазине;

в) механизм закрепления освобождает инструмент в шпинделе;

г) автоматическая рука, перемещаясь вперед, извлекает инструменты из шпинделя и магазина;

д) автоматическая рука с инструментами поворачивается на 180°, и инструменты меняются местами;

е) автоматическая рука перемещается назад, посылая отработавший инструмент в гнездо магазина, а новый — в шпиндель станка;

ж) механизм закрепления производит зажим инструмента в шпинделе;

з) автоматическая рука поворачивается в горизонтальное положение.

При кодировании номера инструментальной оправки отработавший инструмент устанавливается в произвольное гнездо, при кодировании гнезда магазина, после того как автоматическая рука с инструментами повернется на 180° и инструменты поменяются местами, будет происходить вращение магазина до прихода в позицию разгрузка — загрузка требуемого гнезда.

Во всех приведенных описаниях под инструментом понимается комплект из инструментальной оправки и собственно режущего инструмента. Оправка сочленяется со шпинделем станка по конической поверхности или по цилиндру и торцу. В конструкциях отечественных ОЦ чаще применяют несамотормозящий конус 7/24, который обеспечивает точное центрирование оправки и легкость смены ее. Оправку закрепляют с помощью осевой затяжки. Через шпиндель станка проходит шток, имеющий на конце захватное устройство. Инструментальная оправка имеет соответствующие этому устройству наружные, внутренние или резьбовые поверхности захвата (рис. 136, *а*, *б*, *в*). При наружных поверхностях (рис. 136, *а*) в задний конец инструментальной оправки *1* ввертывается стержень *2* с заплечиками, за который тянет шток зажимного механизма станка. В обрабатывающем центре ГЦ-08 применен захват по внутренней поверхности оправки. В оправке расточена полость с входом с заднего торца, причем вход имеет некруглую форму (рис. 136, *б*). Такую же форму имеет конец штока зажимного механизма станка. При зажиме шток входит в отверстие оправки, поворачивается на 90° и перемещается назад, своими заплечиками захватывая оправку.

При резьбовых поверхностях захвата (рис. 136, *в*) шток, вращаясь, ввинчивается в оправку и затягивает ее в шпиндель станка. Такой захват имеют, например, обрабатывающие центры 6305Ф4 и С400/01 (ГДР).

Расположение магазина на шпиндельной бабке упрощает конструкцию автоматической руки, ускоряет процесс смены инструментов, но имеет ряд недостатков. Прежде всего емкость такого магазина должна быть небольшой, так как большой магазин утяжелит бабку и снизит точность станка. Близость магазина к зоне резания приводит к попаданию пыли, влаги и стружки на рабочие поверхности конусов инструментальной оправки. Во время обработки периодически необходимо осматривать находящиеся в магазине отработавшие инструменты, заменять изношенные, производить подналадку на размер и даже пополнение магазина инструментом, если его емкость недостаточна для выполнения всей запрограммированной операции.

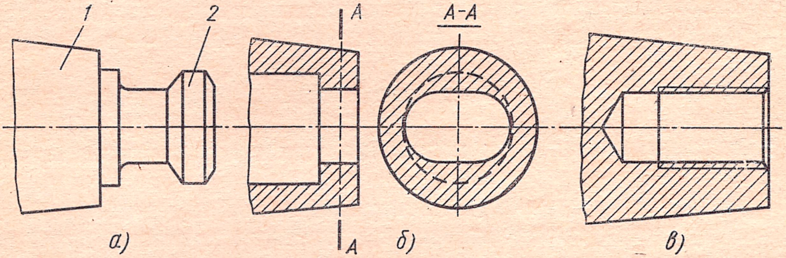


Рис. 136. Виды концов оправок для их затяжки в шпинделе при автоматической смене:

а — захват за поясок, *б* — захват за уступ с поворотом тяги на 90°, *в* — захват с ввинчиванием тяги

Удаленные от рабочей зоны магазины выполняют барабанного или цепного типа. Магазины цепного типа имеют большую емкость, например у станка 2А622Ф4 — сто инструментов. Автооператоры становятся более сложными по конструкции. Потери времени на смену инструмента обычно для удаленных магазинов сокращаются до 3—6 с за счет совмещения процесса поиска нужного инструмента в магазине, извлечения его из магазина, транспортировки в зону разгрузки — загрузки, доставки отработавшего инструмента в магазин.

У станка 6305Ф4 магазин барабанного типа перемещается независимо от шпиндельной бабки по вертикальным направляющим колонны. Для смены инструмента магазин и шпиндельная бабка взаимно сближаются, за счет чего несколько сокращается время смены.

Некоторые станки помимо магазина инструментов имеют двухшпиндельную поворотную головку, у которой один из шпинделей является рабочим, а второй — предзагрузочным. Пока один из шпинделей находится в работе, автоматическая рука меняет инструмент во втором шпинделе головки (рис. 137). По окончании цикла работы инструмента происходит поворот шпиндельной головки вокруг оси и новый инструмент вступает в работу. При такой конструкции на смену инструмента затрачивается около 1—2 с.

Еще более совершенной признана конструкция, в которой магазин сочетается с многошпиндельной головкой (в станке С400/01 — шестишпиндельной). В этой головке два противолежащих шпинделя: один — рабочий, другой — предзагрузочный, а в четырех остальных закреплены крупногабаритные инструменты, не умещающиеся в магазине.

Любой магазин имеет ограничения по диаметру устанавливаемого в нем режущего инструмента. Обычно максимально допустимый диаметр равен шагу магазина. Это ограничение связано с тем, что если в двух соседних гнездах окажутся инструменты с бо́льшими размерами, чем допустимые, то произойдет поломка. Поэтому использовать такие инструменты можно только при соблюдении ряда предосторожностей: если у станка кодируется гнездо магазина, то соседние с крупногабаритным инструментом ячейки не должны заниматься никаким инструментом, а если кодируется номер инструментальной оправки, то работа крупногабаритным инструментом возможна только при прерывании автоматического цикла и ручной смене инструмента при управлении станком с пульта.

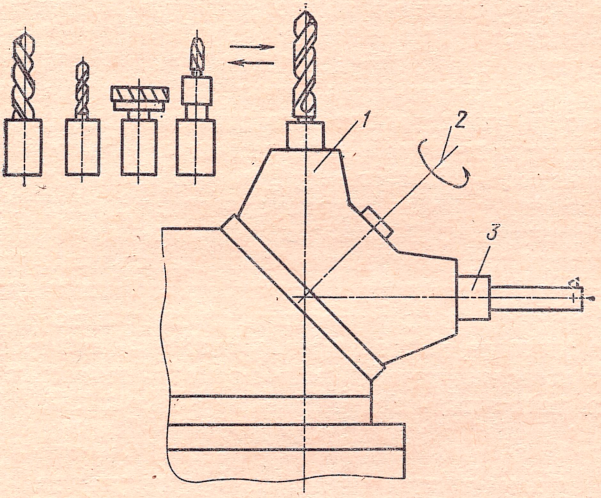


Рис. 137. Смена инструмента на двухшпиндельной поворотной головке:

1 — предзагрузочный шпиндель, 2 — ось поворота шпиндельной головки, 3 — рабочий шпиндель

Главный привод ОЦ все чаще изготовляют с бесступенчатым регулированием скоростей в широком диапазоне, учитывая, что на станке необходимо выполнять такие операции, как растачивание малых отверстий при высоких числах оборотов и развертывание отверстий большого диаметра и нарезание резьб при малых числах оборотов. Шпиндель отвечает требованиям высокой жесткости и точности, так как разнообразие работ охватывает диапазон от чистовых точных проходов до черновой грубой обработки.

Некоторые станки имеют два шпинделя: один, более жесткий, для выполнения тяжелых работ, а второй — для более легких. Каждый шпиндель может получать инструмент из своего магазина. На других станках в более жестком шпинделе может быть постоянно закреплена фреза, а более легкий шпиндель работает со сменяемыми из магазина сверлами, метчиками, зенкерами, развертками и расточными головками. В этом случае в магазине не нужно размещать такой крупногабаритный инструмент, как фрезу; благодаря этому расстояние между гнездами можно сократить и сделать магазин большей емкости.

По сравнению с обычными станками узлы позиционирования ОЦ претерпели существенные изменения, направленные на повышение точности установочных и рабочих перемещений, снижение мощности привода подач, обеспечение длительного сохранения точности параметров в процессе эксплуатации. Направляющие скольжения во многих случаях заменены направляющими качения, в частности танкетками. В приводах подач применяют беззазорные зубчатые редукторы, такие же, как в токарных станках, и шариковые винтовые пары. Направляющие и винтовые пары качения в станках с ЧПУ не только снижают усилия перемещений, но и стабилизируют их по величине, исключая разброс значений сил трения скольжения. Это позволяет отрабатывать с высокой точностью заданные программой величины координатных перемещений.

§ 3. НАСТРОЙКА ОБРАБАТЫВАЮЩИХ ЦЕНТРОВ. УПРАВЛЕНИЕ СТАНКОМ

Процесс настройки станка ОЦ на работу состоит из нескольких этапов: а) базирования и закрепления заготовки, б) совмещения нуля станка и нуля программы, в) настройки режущих инструментов и размещения их в магазине, г) ввода корректоров положения.

Базирование и закрепление заготовки — это установка и закрепление заготовки относительно начала и направления координатных осей.

Сократить время, затрачиваемое на смену обрабатываемой заготовки, на станках ОЦ можно двумя способами: применяя быстродействующие приспособления или совмещая время установки, выверки, закрепления, раскрепления и съема заготовки со временем работы станка.

Станки с ЧПУ типа «обрабатывающие центры» позволяют применить простые по конструкции приспособления, зачастую сборно-разборные, и тем самым сократить сроки подготовки производства и расходы на его освоение. На станках с ручным управлением расходы на технологическую оснастку составляют 8—15% себестоимости изделий, а на станках типа ОЦ эти расходы могут быть уменьшены в несколько раз. Уменьшается не только сложность приспособлений, но и их количество. На обрабатывающих центрах за один установ в одном приспособлении выполняется такой объем работ, который ранее выполнялся за несколько операций механической обработки при закреплении в нескольких приспособлениях.

При эксплуатации ОЦ повышается роль универсально-сборных приспособлений (УСП). УСП широко применяются на многих предприятиях страны. В комплект УСП входят стандартные элементы: базовые плиты с Т-образными пазами, установочные и базирующие элементы в виде подставок также с Т-образными пазами, крепежные элементы (шпильки, прихваты, гайки). Из этих стандартных элементов можно собрать разнообразные по конструкции приспособления самого различного назначения. После того как приспособление было использовано в работе и потребность в нем отпадает, его разбирают на составные элементы. Перед разборкой приспособление можно сфотографировать, чтобы облегчить повторную сборку.

Конструкция станка с ЧПУ позволяет совмещать время базирования и закрепления заготовки со временем ее обработки. Самое простое конструктивное решение — это применение стола большой длины. Во время обработки детали, закрепленной в одной части стола, рабочий производит смену заготовки в другой части. Так, станки 6305Ф4 и С400/01 имеют столы длиной, значительно превышающей ширину.

В других случаях рядом со станком устанавливают два сварных стола, которые служат приемными позициями для установки на них приспособлений. При такой конструкции работа идет с двумя приспособлениями, называемыми приспособлениями-спутниками по аналогии с приспособлениями-спутниками в автоматических линиях. Обычно это название применяется для приспособлений, перемещающихся в процессе обработки вместе с закрепленной заготовкой.

Заготовку устанавливают на приспособление-спутник и закрепляют. Краном или автооператором приспособление с заготовкой из первой позиции передается на рабочий стол станка. После обработки заготовка со спутником перемещается во вторую приемную позицию, а заготовка из первой позиции подается на стол станка в зону обработки.

Наиболее совершенным способом совмещения времени установки и съема детали со временем работы станка является оснащение ОЦ двумя столами, поочередно перемещающимися от программы в рабочую позицию. Во время обработки заготовки в рабочей позиции на загрузочной позиции производят смену заготовки в приспособлении. Такой способ работы станка носит название «челночного». В наиболее совершенном виде челночный способ находит выражение в конструкции станка, у которого имеется два стола и три позиции. Стол из второй (рабочей) позиции по окончании обработки детали сдвигается в первую позицию загрузки — разгрузки, а на его место из третьей позиции сдвигается второй стол с новой заготовкой. Столы перемещаются в автоматическом режиме от программы, на смену заготовки затрачивается 10—15 с.

Кроме стандартных УСП с Т-образными пазами применяют специально приспособленные для станков с ЧПУ комплекты УСП, у которых базовые плиты и наладочные блоки имеют координатную сетку ступенчатых (цилиндрических и резьбовых) отверстий. В отверстия плиты согласно разработанной программистом схеме устанавливают и закрепляют опорные, направляющие и упорные элементы. Другие отверстия используют для установки и закрепления зажимных элементов. Неиспользуемые отверстия закрываются алюминиевыми пробками для предохранения их от стружки и грязи.

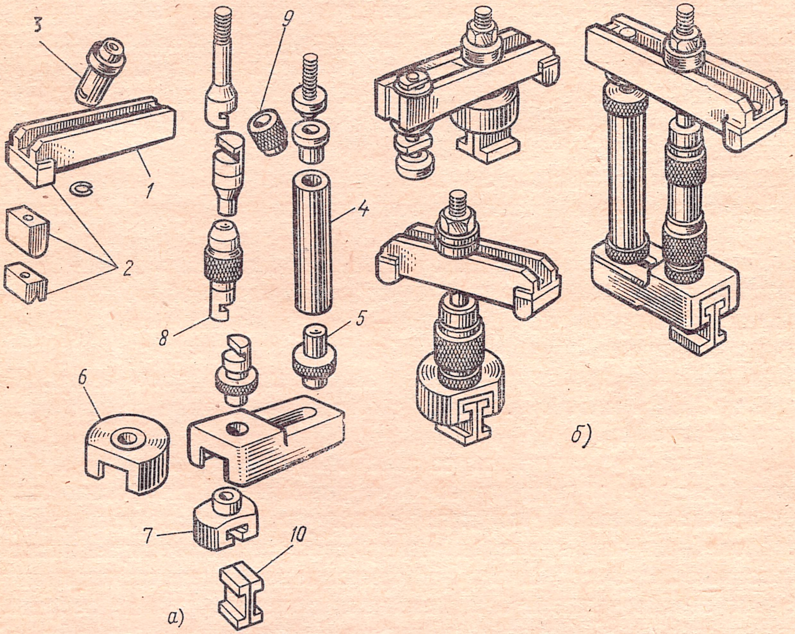


Рис. 138. Комплект сборно-разборных зажимных устройств с раздвижной шпонкой

К базовым элементам можно также отнести угольники и стойки, оснащенные сеткой Т-образных пазов. Зажимные устройства приспособлений чаще всего имеют ручной привод и тоже построены по универсальному принципу из набора стандартных элементов. На рис. 138, *а* показаны элементы одного из комплектов сборно-разборных зажимных устройств с раздвижной шпонкой. В комплект входят: прихваты *1* со сменными зажимными элементами *2*, в которые вставляется втулка *3* с лысками; опоры, состоящие из трубы *4* и резьбовых втулок *5*; основания *6*, в пазы которых входят резьбовые втулки *7* с лысками; быстроразъемные болты *8*, состоящие из нескольких секций, соединяемых пазовым замком, с втулкой *9*.

Втулка *7* имеет Т-образный паз, в который вставляются две половины шпонок *10*. Конструкция шпонки обеспечивает быструю установку зажимного устройства в Т-образных пазах плиты или на столе станка. Для съема устройства достаточно выдвинуть одну половину шпонки специальным крючком.

На рис. 138, *б* показано несколько компоновок зажимных устройств из элементов быстропереналаживаемого комплекта. Быстрая переналадка прихватов по высоте осуществляется сменой байонетных соединений и трубок.

Механизировать зажим можно также с помощью универсальных гидравлических устройств, например гидравлических цилиндров с пружинным зажимом. Цилиндры выпускают двух видов: три типоразмера тянущего и два типоразмера толкающего действия (рис. 139, *а*, *б*). Создаваемые ими усилия находятся в пределах от 1750 до 9400 кГ и могут регулироваться за счет большего или меньшего сжатия пружины. В цилиндрах усилие зажима создается комплектом тарельчатых пружин *6*, установленных в корпусе *1*. Давление масла используется для снятия усилия и освобождения детали. Для этого цилиндр с помощью гибкого шланга высокого давления и специальной быстродействующей муфты соединяется через штуцер *2* с насосной установкой одного из следующих типов: гидростанцией высокого давления, пневмогидроусилителем, ручным механогидравлическим насосом и др. В качестве крепежных элементов используют стандартные зажимные устройства описанного выше типа. Высоту гидроцилиндра можно регулировать гайкой *9*, при необходимости под цилиндр можно установить комплект стандартных подставок.

Если деталь обрабатывают с разных сторон, поворачивая ее автоматически, а также если для смены инструмента нужно переместить шпиндель не по специальной команде, а на определенную запрограммированную величину, то при наладке станка очень важно правильно установить деталь относительно начала координат станка. Наладку можно осуществить также за счет электрического смещения начала координат станка (так называемого «Смещения нуля», использования «Плавающего нуля»). При использовании имеющегося в конструкции станка и системы ЧПУ устройства «*Плавающий нуль*» не обязательно устанавливать деталь точно относительно начала координат станка. Действительно, такая точная установка вызвала бы при наладке станка излишние затруднения, так как потребовала бы от программиста точно определить положение детали при обработке, а от сборщика приспособления, наладчика и рабочего — обеспечить это положение. Устройство «*Плавающий нуль*» позволяет сдвинуть начало координат в любую произвольную точку и далее вести обработку по программе, причем все размеры будут отсчитываться от нового начала координат. Следовательно, при наладке с использованием «*Плавающего нуля*» нужно не деталь механически перемещать по столу относительно начала координатных осей, а, наоборот, с помощью электрических декадных переключателей на пульте управления станком сместить начало координат относительно детали на величины X_0 и Y_0 в точку, предусмотренную программой (рис. 140). Это новое начало координат 0_1 в отличие от начала абсолютных координат 0 станка называют *«Нулем программы»*. При разработке управляющей программы программист

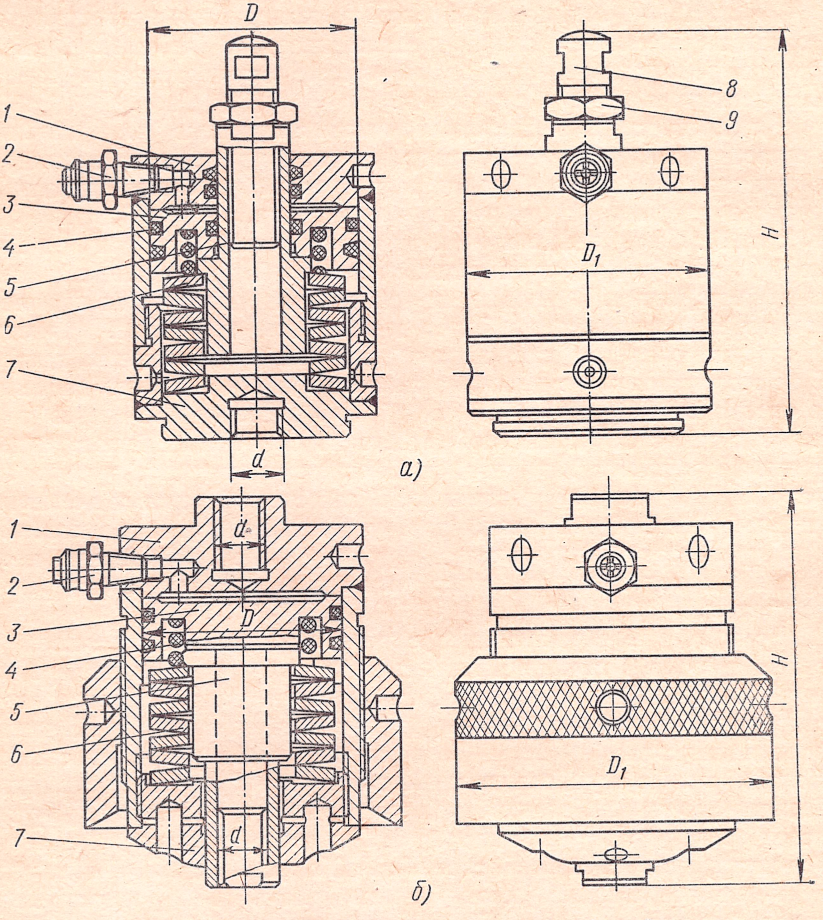


Рис. 139. Цилиндры зажимных приспособлений:

а — тянущего действия, *б* — толкающего действия; *1* — корпус, *2* — штуцер подвода высокого давления, *3* — поршень, *4* — пружина для поддержания поршня, *5* — гильза толкателя, *6* — комплект тарельчатых пружин, *7* — крышка цилиндра, *8* — толкатель, *9* — контргайка для регулировки высоты зажима

учитывает именно этот нуль. Чаще всего начало отсчета по всем трем осям определяется конструктором детали путем проставления размеров от определенных базовых поверхностей. Если эти базовые поверхности принять за начало отсчета по каждой из осей и с помощью устройства смещения нуля зафиксировать их, то при работе станка по устройству цифровой индикации можно будет проверять правильность выполнения обработки.

Для того чтобы облегчить первоначальную установку взаимного положения станка и детали, иногда на приспособлениях дополнительно устанавливают базирующие элементы, от которых размеры могут быть отсчитаны с помощью калиброванной оправки в шпинделе станка и мерных плиток.

Специальные универсально-сборные приспособления для станков с ЧПУ с сеткой координатных отверстий позволяют программисту точно знать положение детали относительно начала координат станка. Технолог-программист должен составить схему установочного приспособления, по которой последнее будет собрано. В этом случае технолог-программист может разработать программу в абсолютных координатах, но, вероятно, все-таки целесообразнее воспользоваться устройством смещения нуля, но величину смещения не нужно будет отмерять при наладке станка, исходя из фактического расположения детали на столе станка, а взять расчетную величину из карты наладки на обработку. Совмещение начала координат с базовыми поверхностями детали облегчит проверку правильности разработки и выполнения управляющей программы, так как на устройстве цифровой индикации будут фиксироваться текущие координаты, совпадающие по величине с размерами на чертеже детали.

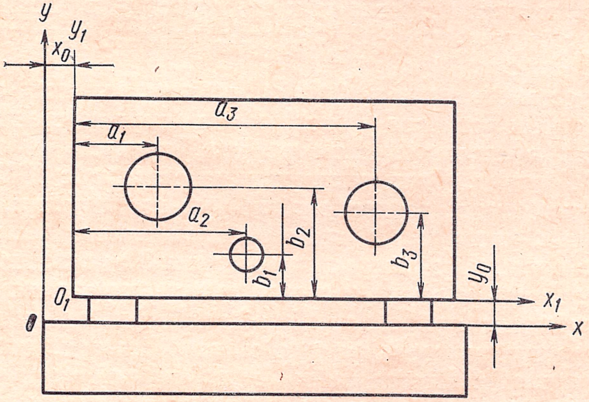


Рис. 140. Установка нуля детали (0_1) относительно нуля станка (0)

На многоцелевых станках с ЧПУ обычно используется универсальный режущий инструмент (сверла, зенкеры, развертки, метчики, фрезы и др.), который применяется и на обычных станках.

Преимущество станков с ЧПУ состоит в том, что при обработке на них нет необходимости применять операционный специальный инструмент, а при большой серийности можно использовать комбинированный режущий инструмент и многоинструментальные наладки.

Большие технологические возможности станков с ЧПУ, а не усложнение инструмента, позволяют получать детали разнообразной формы и качества. Тенденция к упрощению и универсализации технологической оснастки проявляется и при подборе режущего инструмента для этих станков.

Габаритные размеры и масса инструментов, сменяемых из магазина станка, могут ограничивать их использование. Максимальные диаметральные размеры ограничены расстояниями между гнездами магазина, линейные — жесткостью инструмента, консольно работающего без поддержек и направляющих втулок, и длиной хода станка по оси Z. Масса инструмента ограничена грузоподъемностью автоматической руки.

Инструмент для обрабатывающих центров практически по номенклатуре совпадает с инструментом для обычных станков, но значительно повышаются требования к его качеству, в частности к точности размеров, геометрической формы, качеству заточки режущих кромок, стойкости.

Не существенные для работы на обычных станках отклонения неответственных размеров у инструмента могут на станках с ЧПУ, работающих в автоматическом режиме, привести к отклонению в размерах детали. Опыт эксплуатации станков с ЧПУ показал, что в общем балансе точности обработки погрешности, связанные с неточностью инструмента, занимают наибольшее место.

Примеры. При сверлении отверстий в сплошном металле несимметричность перемычки сверла вызывает увод его и, следовательно, погрешность обработки. Чтобы избежать ее, вводят до сверления операцию центрования, что связано с непроизводительными потерями времени. Иногда отбирают из партии сверл те, которые отвечают требованиям симметричности перемычки, и используют эти сверла на станках с ЧПУ. Для станков с ЧПУ используют укороченные сверла (см. гл. III). При фрезеровании одновременно двух сторон паза отклонения в диаметре фрезы от предусмотренного программой приведет к появлению погрешности в ширине паза.

Для того чтобы уменьшить погрешности, связанные с отклонениями в размерах инструмента, при наладке на обработку выполняют настройку инструмента на размер вне станка и коррекцию положения инструмента с помощью электрических переключателей на пульте системы. Эти две операции не исключают друг друга, а только дополняют. Настройку на размер выполняют на специальном приспособлении, имеющем шпиндельную втулку, в которую вставляются инструментальная оправка с настраиваемым инструментом и подвижное отсчетное устройство, с помощью которого положение режущей кромки может быть точно определено по двум координатам: расстоянию от оси и вылету от торца. Отсчетные устройства современных приспособлений для настройки режущего инструмента разнообразны по конструкции, есть устройства с отсчетом по мерным плиткам, но наиболее совершенными являются оптические. Режущие лезвия инструмента в этом случае наблюдают на экране проектора или непосредственно в окуляр микроскопа с 30—100-кратным увеличением, а расстояние от оси и вылет от торца отсчитывают по двум другим микроскопам. С помощью регулировочных устройств инструментальной оправки наладчик инструмента устанавливает режущую кромку в предусмотренное программой положение.

Наиболее простая задача — внести поправку на вылет инструмента из шпинделя, т. е. ввести корректор по оси Z. На некоторых станках можно вводить корректор, компенсирующий неточности радиуса инструмента при одностороннем фрезеровании торцов, уступов за счет сдвига инструмента по осям X и Y, на других — коррекция радиуса вводится также при работе в режиме интерполяции, т. е. одновременно по обеим осям.

Предприятия, эксплуатирующие станки с ЧПУ типа ОЦ, ограничивают номенклатуру используемого режущего и вспомогательного инструмента и строго регламентируют координатные размеры вершин режущих кромок. Для этого разрабатывают каталоги режущего и вспомогательного инструмента, по которым работают как программисты, так и наладчики инструмента и станков. Используя каталоги, настройку инструментов на размер осуществляют заблаговременно по координатным размерам вне зависимости от конкретной программы, тем самым значительно сокращая время наладки станка.

При черновой обработке можно воспользоваться следующими наборами инструментов: а) сверла, комплект зенкеров, или б) сверло, комплект расточных оправок с резцами, или в) концевая фреза, обходящая в режиме интерполяции по окружности обрабатываемое отверстие.

При чистовой обработке отверстия также нужно сделать выбор между развертками и точными расточными оправками. При черновой обработке использование оправок с резцами по сравнению с зенкерами сокращает количество необходимых инструментов, так как одна оправка за счет изменения вылета резца может охватить диапазон диаметров в несколько десятков миллиметров. Одной фрезой, например диаметром в 40 мм, можно обрабатывать отверстия диаметром от 45 до нескольких сотен миллиметров. За счет сокращения смен инструментов из магазина можно в некоторых случаях достичь повышения производительности. Но не следует забывать, что работа в режиме интерполяции возможна только на станках с контурной системой программного управления, а такими системами обрабатывающие центры комплектуются не всегда.

Опыт эксплуатации расточных станков и обрабатывающих центров показал, что чистовое растачивание резцами по сравнению с развертыванием обеспечивает более высокую точность расположения отверстия и геометрической формы обработанной поверхности (некруглости, конусности). При работе резцами трудности имеются только при выдерживании размера отверстия, которые преодолевают за счет применения расточного инструмента с тонкой микрометрической настройкой радиального расположения режущей кромки резца. Такой инструмент выпускают в виде оправок с встроенными расточными головками (вставками), одна из конструкций которой показана на рис. 141. В корпусе оправки *9* запрессована резцовая вставка. Основной деталью вставки является резцедержавка *7*, в отверстие которой крепится винтом *10* резец *8*. Резцедержавка *7* при помощи лимба *6* может перемещаться в продольном направлении по скользящей посадке во втулке *5*. Шпонки *4* удерживают при этом резцедержавку от проворота.

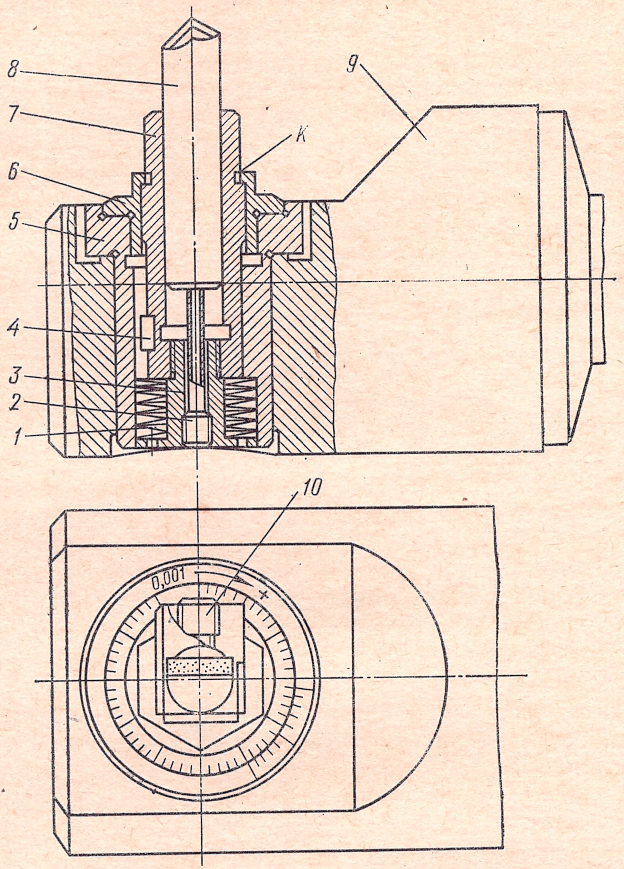


Рис. 141. Расточная оправка с тонкой регулировкой

С другого конца в выточке втулки *5* помещен пакет тарельчатых пружин *1*, который одним торцом опирается в торец выточки втулки *5*, а другим, через резьбовую втулку *3*, воздействует на резцедержавку *7*, обеспечивая плотное прилегание торцов лимба и втулки и выборку зазоров в резьбовом соединении резцедержавки *7* и лимба *6*. Грубая настройка резца на размер осуществляется винтом *2*. Точное перемещение резца осуществляется вращением лимба, цена деления которого равна 0,01 мм. На торце втулки *5* нанесен нониус, позволяющий вести отсчет с точностью 0,001 мм. В исходном положении при совмещенных нулях лимба и нониуса зазор *К* равен 0,1—0,2 мм.

Максимальный ход резцедержавки соответствует одному обороту лимба. При этом деформация пружин *1* достигает максимально допустимой величины. Дальнейший поворот лимба категорически воспрещается.

При смене и переустановках резца резцедержавку *7* необходимо возвратить в исходное положение. Переход на другой диаметр, связанный с перемещением резца на величину более 0,5 мм, осуществляется изменением вылета резца с помощью винта *2*. Для этого необходимо ослабить винт *10* и при помощи ключа с лимбом повернуть винт *2* на необходимую величину, после чего закрепить резец. К оправке прилагаются различные по длине резцы. При регулировках и настройках оправки не следует применять больших усилий.

Разберем по этапам процесс настройки оправки на размер на оптическом приспособлении (см. рис. 96):

1. С помощью ключа и винта грубой регулировки установить резец примерно на требуемый радиус, замеряя штангенциркулем вылет резца от тела оправки. Иногда оправки комплектуются специальными мерителями — «наездниками», облегчающими грубую настройку на размер.

2. Протереть конический хвостовик оправки, установить без удара оправку в гнездо шпиндельной втулки приспособления и закрепить с помощью зажимного механизма.

3. Установить оптическую часть приспособления на заданные для данного инструмента координаты вылета вершины резца от оси и от торца шпинделя. Координаты с помощью микроскопов отсчитываются по соответствующим шкалам.

4. Поворачивая шпиндельную втулку приспособления, наблюдать на экране проектора положение режущих кромок резца. В момент, когда резец займет наиболее удаленное положение, поворот прекратить.

5. Заметить на экране проектора отклонение вершины резца от перекрестия. Если инструментальная оправка имеет устройство для изменения вылета, то, пользуясь им, установить вершину резца на вертикальную линию перекрестия. Если такое устройство отсутствует, то сместить оптическую часть приспособления для настройки инструмента вдоль оси оправки до положения, когда вершина резца выйдет на вертикальную линию перекрестия торца шпинделя.

6. С помощью лимба резцовой вставки смещать резец до совпадения вершины резца с горизонтальной линией перекрестия. Если при этом вершина отклонилась от горизонтальной линии перекрестия, то вернуть ее с помощью регулировочных устройств, а при их отсутствии — сместить в осевом направлении оптическую часть приспособления.

7. Отсчитать по микроскопу фактическую величину вылета инструмента, записать эту величину на специальной бирке, бирку прикрепить к инструментальной оправке.

8. Открепить оправку, снять с приспособления, установить на специальную тележку для доставки к станку.

Обрабатывающий центр любой модели имеет несколько *пультов управления*. Один из них расположен на шкафу системы программного управления, другие приближены к станку. На пульте системы ЧПУ имеются кнопки, переключатели, сигнальные лампочки и устройства цифровой индикации, позволяющие задавать различные режимы работы и следить за их осуществлением. На рис. 142 показан пульт пятикоординатной позиционной системы программного управления «Размер 2М» к станку 2А622Ф4. В станке указанной модели использованы четыре координаты. В верхней части пульта справа размещен лентопротяжный механизм, слева — экран цифровой индикации. На экране высвечивается информация

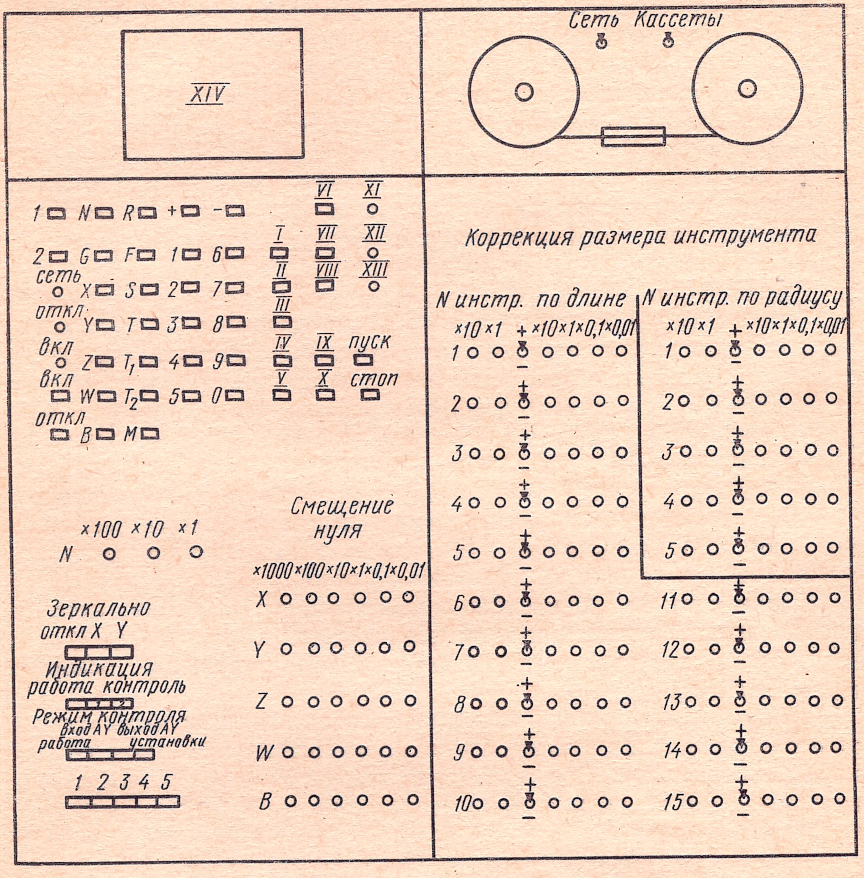

XIV
Сеть Кассеты
1 N R + −
2 G F 1 6
сеть
X S 2 7
откл
Y T 3 8
вкл
Z T₁ 4 9
вкл
W T₂ 5 0
откл
B M
I II III IV V
VI VII VIII IX X
XI XII XIII
пуск
стоп
Коррекция размера инструмента
N инстр. по длине
N инстр. по радиусу
×10 ×1 + ×10 ×1 ×0,1 ×0,01
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
1 2 3 4 5 11 12 13 14 15
+
−
×100 ×10 ×1
N
Смещение нуля
×1000 ×100 ×10 ×1 ×0,1 ×0,01
X
Y
Z
W
B
Зеркально
откл X Y
Индикация
работа контроль
Режим контроля
Вход AY выход AY
работа установки
1 2 3 4 5

Рис. 142. Пульт программного управления пятикоординатной позиционной системы программного управления «Размер 2М» к станку 2А622Ф4:

I — преднабор, *II* — полуавтомат, *III* — автомат, *IV* — перемотка непрерывная, *V* — перемотка покадровая, *VI* — считыватель «*Вперед*», *VII* — считыватель «*Назад*», *VIII* — считыватель «*Стоп*», *IX* — останов, *X* — М01, *XI* — «*Программа разрешена*», *XII* — «*Программа включена*», *XIII* — «*Программа отработана*», *XIV* — экран очередного кадра перфоленты или информация, заданная устройством ручного ввода. Левая сторона пульта управления занята кнопками ручного ввода программы, кнопками-клавишами режима работы системы и декадными переключателями смещения нулевого положения. Правая сторона пульта занята пятнадцатью корректорными переключателями для длины инструмента и пятью — для радиуса инструмента. Имеется несколько режимов работы системы,

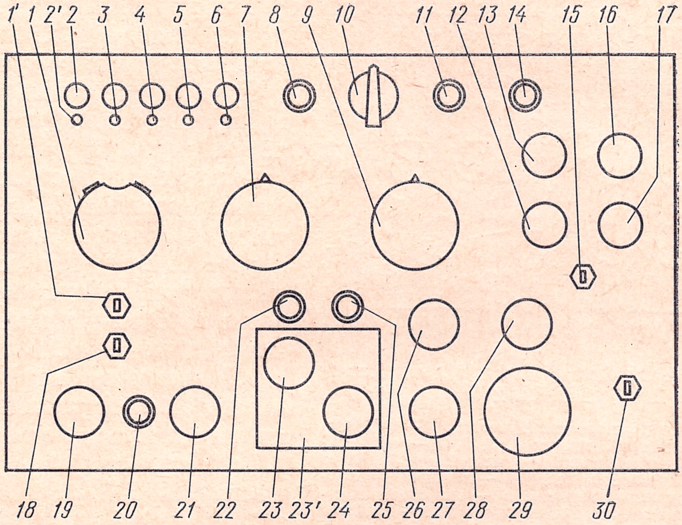


Рис. 143. Основной пульт управления станка 2А622Ф4:

1,1' — переключатель перемещения, *2* — сигнальная лампа, *2'* — кнопка продольного перемещения стола, *3* — кнопка перемещения шпинделя, *4* — кнопка поперечного перемещения стола, *5* — кнопка перемещения бабки, *6* — кнопка поворота стола, *7* — вариатор подач, *8* — сигнальная лампа поворота стола, *9* — вариатор скорости вращения шпинделя, *10* — переключатель поддиапазонов, *11* — сигнальная лампа переключения поддиапазонов, *12* — кнопка отключения насоса гидросистемы, *13* — кнопка включения насоса гидросистемы, *14* — сигнальная лампа системы смазки, *15* — тумблер для смазки направляющих, *16* — кнопка включения насоса гидросистемы смены инструмента, *17* — кнопка отключения насоса гидросистемы смены инструмента, *18* — переключатель режимов управления, *19* — кнопка «*Пуск программы*», *20* — сигнальная лампа, *21* — кнопка «*Стоп программы*», *22* — сигнальная лампа, *23* — кнопка включения подачи «*Вперед*», *23'* — клавиша «*Стоп подачи*», *24* — кнопка включения подачи «*Назад*», *25* — сигнальная лампа, *26* — кнопка вращения шпинделя, *27* — кнопка установочного поворота шпинделя, *28* — кнопка вращения шпинделя «*Назад*», *29* — кнопка выключения шпинделя, *30* — тумблер включения освещения

из которых важнейшие: «*Автомат*», «*Полуавтомат*», «*Преднабор* (*ручной ввод*)». С помощью устройства ручного ввода можно отработать кадр с командами по всем применяемым в станке адресам. Нажатием кнопки адреса, а затем кнопки цифр вводят в память системы задание по данному адресу с индикацией на экране. В случае ошибки в вводе любой символ или строка могут быть стерты нажатием на соответствующую кнопку.

Устройство смещения нуля имеет декадные переключатели для шести разрядов каждой из координат. Коррекция длины инструмента и радиуса фрезы выбирается и задается непосредственно на пульте набором номера инструмента на двух левых декадных переключателях, знака «+» или «—» с помощью тумблера и величины коррекции на четырех декадных переключателях. Полная величина смещения может достигать 99,99 мм, знак «+», набранный на тумблере, говорит о совпадении смещения по длине с положительным направлением оси, а знак «—» — о противоположном направлении. Для коррекции радиуса инструмента знаки «+» и «—» свидетельствуют соответственно об увеличении и уменьшении размера.

Станок 2А622Ф4 имеет еще три пульта управления: основной (рис. 143), зажима инструмента и наладочный (рис. 144). С помощью основного пульта можно запускать и прерывать выполнение программы от перфоленты, перемещать от кнопок рабочие органы станка, выбирать величины подач и числа оборотов шпинделя, короче говоря, осуществлять наладочные работы и даже вести обработку в ручном режиме (от кнопок).

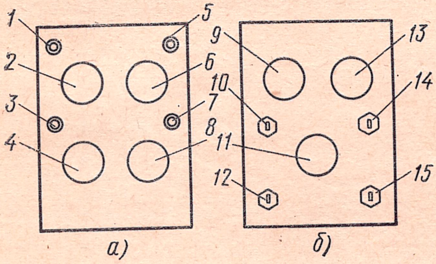


Рис. 144. Вспомогательные пульты станка 2А622Ф4:

а — пульт зажима инструмента, *б* — переносной наладочный пульт; *1*, *3*, *5*, *7* — сигнальные лампы; кнопки: *2* — зажима инструмента в выдвижном шпинделе, *4* — зажима инструмента в полом шпинделе, *6* — отжима инструмента в выдвижном шпинделе, *8* — отжима инструмента в полом шпинделе, *9* — включения перемещения магазина «*Вверх*», *11* — сигнала «*Бабка неподвижна*», *13* — включения перемещения магазина «*Вниз*»; тумблеры: *10* — сигнала «*Смена I*», *12* — сигнала «*Закладка — съем*», *14* — сигнала «*Смена II*», *15* — сигнала «*Готово грубое позиционирование*»

С помощью переносного наладочного пульта можно производить смену инструмента, с помощью пульта зажима инструментов осуществлять закрепление инструментальных оправок с режущим инструментом в выдвижном и полом шпинделях станка.

После того как режущий инструмент и зажимное приспособление подготовлены, начинается наладка самого станка на обработку. Наладка проводится по следующей схеме:

1. Установить приспособление на стол станка.

2. Руководствуясь программной картой, расставить режущие инструменты в соответствующие гнезда магазина (при кодировании гнезда) или произвольно при кодировании номера инструментальной оправки. Проверить в этом случае соответствие номера оправки запрограммированному. Ошибка в размещении инструмента в гнезде или в кодировании оправки приведет к аварии.

3. Сверить по биркам фактические координаты вершин режущих кромок с запрограммированными.

4. На пульте системы ЧПУ с помощью корректорных переключателей набрать при необходимости номера инструментов и величины коррекции на длину.

5. Закрепить деталь в приспособлении (если при выполнении п. 1 на стол станка не было установлено приспособление вместе с деталью).

6. Смещая от ручного управления стол станка и шпиндель, установить рабочие органы в положение «*Нуль программы*». Прочесть на табло цифровой индикации величины смещения нуля по всем трем координатам.

7. Вернуть рабочие органы в нулевое положение станка, набрать на соответствующих декадных переключателях системы величины смещения нуля и ввести их в память системы.

8. Поставить в фотосчитыватель перфоленту.

9. Нажать кнопку-клавишу режима работы системы «*Автомат*» или «*Полуавтомат*» (при работе по опытной программе). В первом случае отработка программы будет происходить непрерывно, во втором — с остановками после отработки каждого кадра перфоленты.

10. Нажать кнопку «*Пуск программы*».

11. При обработке первой детали внимательно следить за выполнением программы, сверяя ход обработки с текстом программы и показания цифровой индикации с размерами на эскизе обработки или чертеже детали.

12. При необходимости выполнить замеры, остановить станок кнопкой на основном пульте станка «*Стоп программы*» или переключить систему в режим работы «*Полуавтомат*». В последнем случае работа прервется после отработки кадра.

13. В аварийных ситуациях для остановки станка воспользоваться кнопкой «*Стоп*» на пульте управления станком.

ТАБЛИЦА 7

Причины неисправности	Метод исправления
Ошибка в перфоленте вследствие неправильного пробитого контрольного числа или контрольного символа (при контроле на четность или нечетность) Износ перфоленты, попадание на белую перфоленту капли масла	Замена перфоленты на новую
Значительное несовпадение шага строчек перфоленты с шагом считывающего устройства	Регулирование лентопротяжного механизма системы ЧПУ или перфоратора, на котором готовится управляющая программа
Попадание пыли, грязи, влаги на оптические устройства фотосчитывателя	Протереть ваткой, смоченной спиртом, линзы и защитные стекла фотосчитывателя
Расстройство электронной системы считывающего устройства Отказы в работе лентопротяжного механизма, приводящие к заеданию перфоленты или проскакиванию ее	Прочистить и смазать механическую часть лентопротяжного механизма, протереть спиртом оптическую часть фотосчитывателя

При работе станка возможны внезапные незапрограммированные остановки движения подачи, на пульте системы ЧПУ загорается лампочка «*Ошибка считывания*» («*Сбой по вводу*») или «*Ошибка позиционирования*» (последняя только у некоторых станков с обратной связью). Наладчик станка должен уметь быстро находить и устранять причину нарушения нормальной работы станка. Причины «*Ошибки считывания*» и методы их исправления приведены в табл. 7.

Ошибка позиционирования проявляется на станках с обратной связью в том случае, если рабочие органы по каким-то причинам не достигли запрограммированного положения. Причиной этого явления могут быть отказы в электронной системе ЧПУ, поломки датчиков обратной связи и приводов их, неисправности в приводах подач. Но вероятность появления неисправностей по этим причинам при нормальном уходе за станком крайне мала. Чаще ошибка позиционирования возникает при увеличении сопротивления сверх допустимого тяговым усилием привода подач, вследствие ошибок в программировании или чрезмерного затупления инструмента. Ошибок позиционирования по этой причине легко избежать, наблюдая за процессом обработки, уменьшая нагрузку на привод подач с помощью корректоров режимов резания (подач, чисел оборотов), своевременно заменяя затупившийся инструмент.

§ 4. ОБРАБАТЫВАЮЩИЙ ЦЕНТР 2А622Ф4

Станок 2А622Ф4 (рис. 145) предназначен для обработки преимущественно корпусных деталей, имеющих точные отверстия с точными расстояниями между ними. На станке можно производить сверление, растачивание и развертывание отверстий, нарезание резьб метчиками, фрезерование.

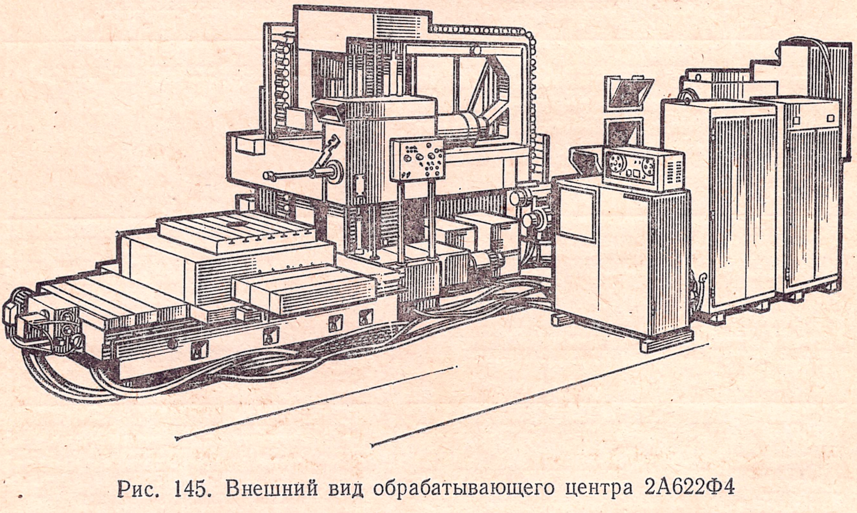


Рис. 145. Внешний вид обрабатывающего центра 2А622Ф4

Основные параметры станка приведены ниже:

Диаметр выдвижного шпинделя, мм	110
Размеры поверхности поворотного стола, мм:	
длина	1250
ширина	1120
Наибольшее перемещение стола, мм:	
поперечное	1000
продольное	1000
Вертикальный ход бабки, мм	1000
Наибольший диаметр отверстий, растачиваемых шпинделем, мм	300
Наибольший диаметр сверла, мм	50
Наибольшая масса сменяемого инструмента, кГ	35
Наибольший диаметр автоматически сменяемого инструмента, мм	250
Наибольшая длина инструмента без конусной части, мм	550
Диапазон рабочих подач, мм/мин	1,25—1250
Скорость быстрых перемещений, мм/мин	5000
Скорость кругового движения стола, об/мин	4
Наибольшее усилие продольной подачи стола, кГ	2000
Дискретность задания перемещений, мм	0,01
Точность установки стола, мм:	
продольной	0,09
поперечной	0,05
Точность поворота стола:	
через 90^{0}, с	4
через 15^{0}, с	6
промежуточные углы, мин	5
Точность установки шпинделя, мм	0,13
Точность установки шпиндельной бабки, мм	0,05
Наибольшее осевое перемещение шпинделя, мм	710
Тип системы программного управления	«Размер 2М»

На станине станка смонтирована неподвижная стойка, несущая подвижную в вертикальном направлении шпиндельную бабку с горизонтальным выдвижным расточным шпинделем.

Поворотный стол станка на крестообразных салазках, подвижных вдоль станин, может перемещаться горизонтально в продольном относительно оси шпинделя и поперечном направлениях.

Инструментальный магазин цепного типа (транспортер) для 100 инструментов установлен на фундаменте рядом со станком.

Привод вращения шпинделя осуществляется от электродвигателя постоянного тока через упругую муфту и коробку скоростей. Скорость вращения шпинделя изменяется в зависимости от изменения скорости вращения главного двигателя и переключения зубчатых колес и зубчатых муфт.

Выбор скорости вращения шпинделя централизованный, дистанционный (от перфоленты или переключателей на пульте). При этом выбирается один из трех механически переключаемых поддиапазонов скорости. Изменение скорости вращения шпинделя в пределах выбранного поддиапазона производится путем изменения скорости вращения главного двигателя.

Полый шпиндель станка смонтирован на прецизионных подшипниках качения, которые могут работать длительное время без регулировок.

Рабочие подачи и установочные перемещения подвижных органов станка осуществляются через редукторы тремя отдельными электродвигателями постоянного тока с широким диапазоном изменения скорости. Редуктор каждого двигателя имеет две ступени скоростей, дистанционно переключаемые электромагнитными муфтами. Одна из ступеней служит для подач и установочных перемещений, вторая — только для быстрого хода.

Двухступенчатый редуктор с электродвигателем для перемещения шпиндельной бабки и шпинделя вдоль его оси расположен на правом (относительно рабочего места) торце станины и имеет два выходных вала. Один из них, постоянно сцепленный с электродвигателем, связан конической зубчатой передачей с вертикальным валом, проходящим сквозь бабку.

Для отжатия оправки масло под давлением подается в полость цилиндра *12*, и поршень *11* перемещает шомпол *6* вперед, преодолевая сопротивление пакета пружин *7* и пружины *5* (см. рис. 146). При этом пазы с сухарями *4* на конце шомпола переместятся в зону выточки *3* ограничительного кольца *15* и у сухарей *4* появляется возможность радиального перемещения от центра до упора в поверхность выточки *3*. При дальнейшем движении вперед до упора шомпол своим торцом коснется бурта переходника и переместит его вместе с оправкой примерно на 2 мм в положение «*Отжато*», после чего оправка может быть извлечена из шпинделя манипулятором или вручную. При выталкивании оправки коническая поверхность переходника раздвинет сухари, переместив их от центра в выточку ограничительного кольца.

Зажатие оправки происходит следующим образом. Механизм находится в положении «*Отжато*». Оправка устанавливается в шпиндель до упора вдоль оси. Цилиндр *12* соединяется со сливом. Пружины *7* перемещают шомпол *6* и поршень *11* назад. Сухари *4* сближаются к центру ограничительным кольцом *15*, после чего они зацепляются с конической поверхностью переходника оправки *14*.

В осевом направлении шпиндель *2* фиксируется упирающимися во втулку *8* двумя опорными подшипниками с регулировкой их натяга гайкой *9* и контргайкой *10*.

Когда шпиндель находится в позиции автоматической смены инструмента, перед зажатием инструмента по отверстию внутри шомпола *6* подается сжатый воздух для дополнительной очистки конусов шпинделя и инструментальной оправки. Вращение от вертикального вала может быть через ряд передач сообщено винту перемещения шпинделя при включении электромагнитной муфты, расположенной в бабке. Второй выходной вал редуктора, связанный конической зубчатой передачей с винтом перемещения бабки, может быть сцеплен с двигателем путем включения электромагнитной муфты, расположенной в редукторе. Одновременное включение муфт для передачи движения шпинделю и бабке невозможно, оно запрещено блокировками в электросхеме.

Другой двухступенчатый редуктор с электродвигателем для поперечного перемещения поворота стола расположен на заднем торце крестообразных салазок и также имеет два выходных вала. Один из них соединен с винтом перемещения стола в поперечном направлении. Второй выходной вал редуктора передает через червячную и зубчатую передачи вращение столу для его поворота. Каждый из выходных валов может быть сцеплен с двигателем с помощью электромагнитных муфт, расположенных в редукторе. Одновременное включение обеих муфт также невозможно.

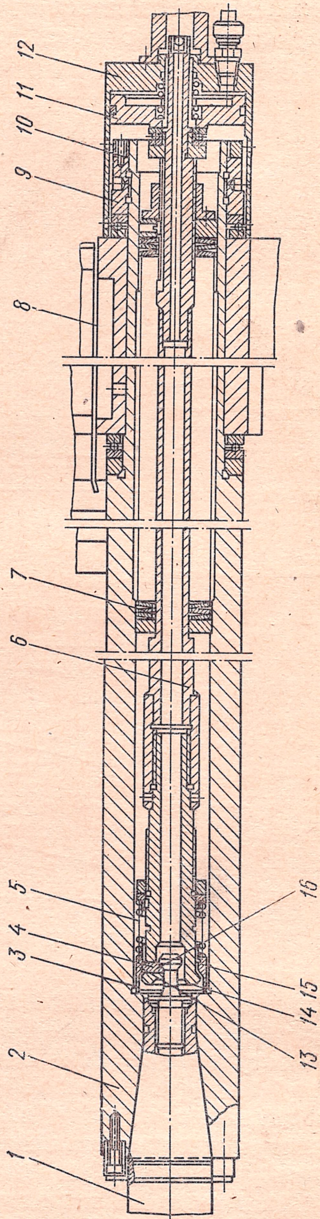


Рис. 146. Механизм закрепления инструмента в выдвижном шпинделе станка 2А622Ф4

Продольное перемещение стола осуществляется от электродвигателя и двухступенчатого редуктора, расположенных на левом торце станины. Выходной вал редуктора связан с винтом перемещения крестообразных (нижних) салазок.

Механизм закрепления инструмента в шпинделе станка (рис. 146) расположен внутри выдвижного шпинделя и имеет дистанционное управление.

Затяжка в расточной шпиндель *2* инструментальной оправки *1* с коническим хвостовиком производится осевым усилием пакета тарельчатых пружин *7*, приложенных к заднему концу шомпола *6*. На переднем конце шомпола имеется замок, сцепляющийся с переходником *14* инструментальной оправки в процессе зажатия оправки. Замок состоит из трех симметрично расположенных сухарей *4*, способных перемещаться радиально в пазах на конце шомпола *6*, и ограничительного кольца *15*, прижатого пружиной *5* к торцовой поверхности внутри отверстия шпинделя. Сухари *4* прилегают коническими поверхностями *16* к корпусу переходника *14*, а цилиндрическими поверхностями *13* — изнутри к отверстию в ограничительном кольце *15*, сцепляя таким образом шомпол с переходником оправки.

Станок имеет также механизм закрепления инструмента в полом шпинделе (рис. 147), размещенный на выступающем из передней бабки конце полого шпинделя. Этот конец имеет точный опорный торец и коническое отверстие ⌀140 мм с конусностью 7/24. Посередине длины конусного гнезда в полом шпинделе имеются три паза, расположенные равномерно по окружности, по которым могут радиально перемещаться сухари *5*. Эти сухари имеют коническую поверхность *6* на сторонах, обращенных внутрь конического гнезда. Инструментальная оправка, закрепляемая в полом шпинделе,

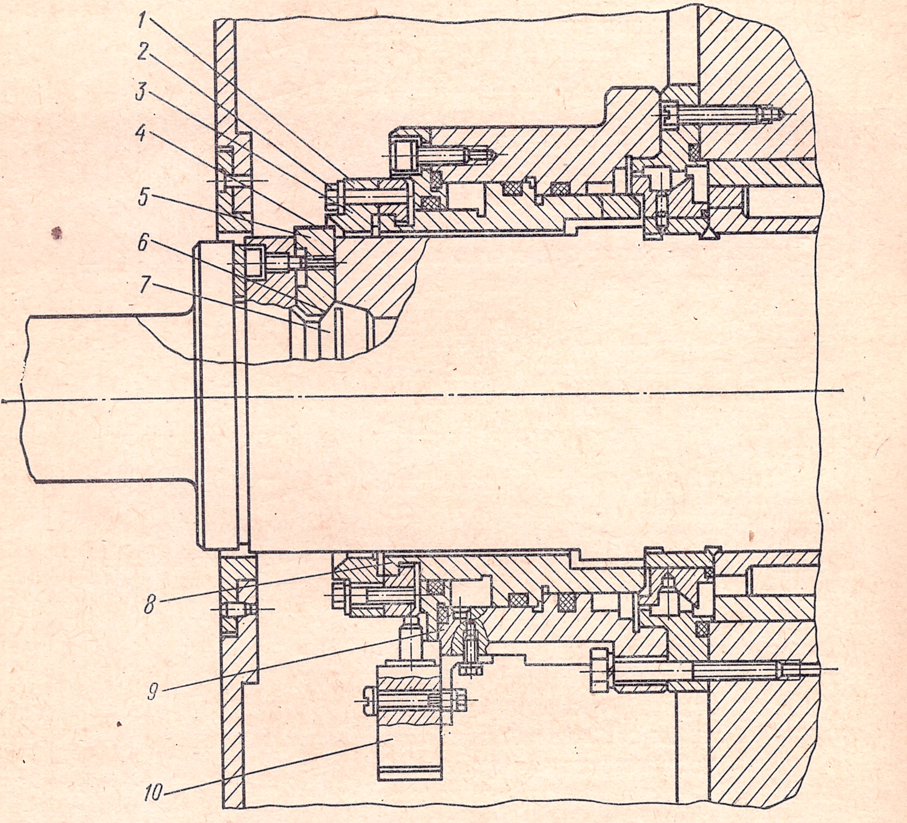


Рис. 147. Механизм закрепления инструмента в полом шпинделе станка 2А622Ф4

наряду с точным торцом и конусной частью имеет канавку с точной конической поверхностью *7*, к которой могут прилегать поверхности сухарей *5*. При одновременном сближении трех сухарей к оси шпинделя может быть создано усилие вдоль оси шпинделя, затягивающее оправку в полый шпиндель. Такое затягивание обеспечивается перемещением вдоль оси (от бабки) кольца *1* с внутренней конической поверхностью *3*, которая при перемещении кольца *1* от бабки надвигается на наружную коническую поверхность *4* сухарей *5*, перемещая последние к центру.

Перемещение кольцу *1* сообщается от полого поршня *8* двухполостного гидроцилиндра *9*. Угол конуса *3* в кольце *1* и сухарях *5* самотормозящийся, что обеспечивает длительное сохранение зажатого положения механизма при отсутствии давления масла на поршень *8*. По окончании зажатия оправки (перемещения кольца *1* от бабки до упора в сухари *5*) автоматически подается небольшое количество масла в полость отжима. При этом поршень отводится на небольшую величину в сторону отжима в пределах зазора *2* в замке между кольцом и поршнем. Это позволяет кольцу *1* вращаться вместе со шпинделем без трения о поршень, который при этом остается неподвижным.

Для автоматической смены инструмента служат следующие четыре устройства: ячейка под инструмент, транспортер (магазин), промежуточный носитель инструмента, манипулятор.

Рассмотрим кратко конструкцию каждого из устройств. Ячейка под инструмент (рис. 148) представляет собой втулку с коническим отверстием. Ячейка защищает установочные конусы инструментальных оправок от загрязнения, в ней находится оправка в магазине, которая промежуточным носителем перемещается от магазина в позицию смены и обратно. Поверхностями *1* ячейка фиксируется в гнезде цепи транспортера, а поверхностями *3* — в захвате промежуточного носителя инструмента. Защелка *8* удерживает под действием пружины *2* оправку *10* за переходник *9* от выпадания.

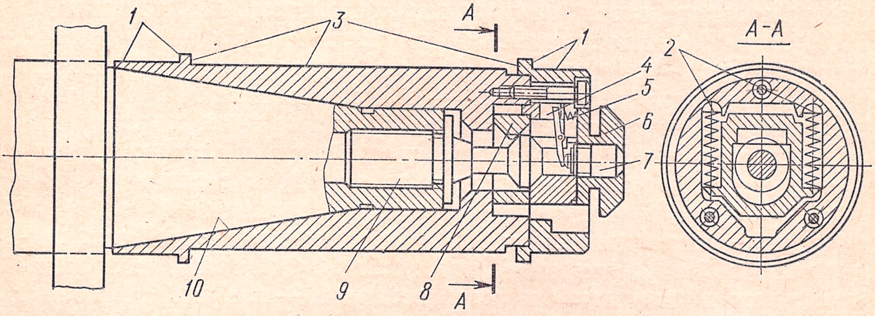


Рис. 148. Ячейка магазина-транспортера станка 2А622Ф4

Планка *4* под действием пружин *5* входит своим концом в щель между корпусом ячейки и защелкой *8*, препятствуя последней освобождать оправку из ячейки. Для освобождения защелки необходимо нажать на центральный палец *7*, который через рычаг *6* выведет конец планки *4* из щели.

Транспортер (магазин) цепного типа на 100 инструментов служит для хранения комплекта инструментов и перемещения требуемого гнезда в зону действия промежуточного носителя. Сто звеньев собраны в бесконечную цепь, каждое звено имеет гнездо для фиксации в нем ячейки с инструментом. Привод звеньев цепи осуществляется от электродвигателя постоянного тока через червячный редуктор и приводную звездочку. Гнезда транспортера закодированы номерами от 0 до 99, автоматическое определение номера гнезда выполняется специальным измерительным датчиком номера звена, установленным на санях промежуточного носителя. Точность остановки позиции магазина примерно равна 0,1 мм. Кроме работы по программе имеется возможность перемещать цепь транспортера в ту или иную сторону с управлением от кнопок.

Промежуточный носитель инструмента выполняет следующие функции: вынимает ячейки из гнезда транспортера, переносит их в позицию смены инструмента, транспортирует после смены инструмента ячейки с отработавшим инструментом к магазину, укладывает ячейки в гнездо, соответствующее данному инструменту. Промежуточный носитель смонтирован на специальных санях, по которым перемещается тележка. Носитель вместе с тележкой имеет три фиксированных позиции: смены инструмента, закладки и съема ячейки, исходная.

На тележке закреплена автоматическая рука, имеющая возможность поворачиваться вокруг горизонтальной и вертикальной осей. Вторая автоматическая рука находится на шпиндельной бабке. Ее назначение — производить обмен инструментов, один из которых находится в шпинделе, а другой — в ячейке носителя, пришедшего в позицию закладки и съема ячейки. Рука имеет два захвата и выполняет следующие движения: поворачивается из исходного положения в позицию захвата, выдвигается из бабки с одновременным извлечением захваченных инструментов из шпинделя и из ячейки носителя, поворачивается на 180° вокруг горизонтальной оси, втягивается в бабку, при этом новый инструмент оказывается установленным в шпиндель, а использованный — в ячейке носителя, поворачивается в исходное положение.

В процессе работы станка измерительные инструменты контролируют перемещения подвижных органов: шпиндельной бабки, стола в поперечном направлении, стола в продольном направлении, шпинделя, стола (поворот), цепи транспортера.

Датчики перемещений бабки, стола и шпинделя индуктивного типа, фазовые, с дискретностью отчета 0,01 мм. Каждая система состоит из двух функционально связанных датчиков; первый из них измеряет сотые и десятые доли миллиметра, а второй — единицы, десятки и сотни миллиметров. Датчик долей миллиметра типа «развернутый сельсин» представляет собой сочетание стальной рейки с прямоугольными зубцами, являющейся точной измерительной шкалой, и индуктивной головки, установленной с некоторым зазором над зубцами точной рейки. Индуктивная головка имеет зубцы с насаженными на них обмотками. Перемещение индуктивной головки вместе с подвижным органом преобразуется в смещение фазы выходного напряжения головки, которое является информацией о величине двух младших разрядов текущей координаты подвижного органа.

Датчик миллиметров является фазовым датчиком, обеспечивающим измерения с дискретностью 1 мм. Входной вал датчика сцеплен с шариковым винтом перемещения подвижного органа. Три сельсина внутри датчика связаны зубчатыми передачами. Каждый из них обеспечивает отсчет соответствующего десятичного разряда: один — для целых миллиметров, второй — для десятых долей, третий — для сотых.

Угол поворота стола автоматически измеряется с дискретностью 0,1°; 24 положения через 15° могут быть зафиксированы с гораздо более высокой точностью до 5 с. Измерения выполняются двумя датчиками: грубого и точного поворота стола.

Грубый датчик углов поворота стола смонтирован в одном корпусе и состоит из одного редуктосина типа А4301 — устройства, у которого при повороте ротора смещается фаза выходного напряжения, и трех сельсинов, связанных между собой зубчатыми передачами. Зубчатое колесо на входном валу датчика беззазорно сцеплено с имеющимся на периферии стола зубчатым венцом, являющимся измерительной шкалой грубого отсчета углов поворота стола. Один оборот ротора редуктосина происходит при повороте стола на 100°, один оборот первого сельсина соответствует 20° поворота стола, один оборот второго сельсина соответствует 200° поворота стола, а третьего — 2000°. Редуктосин дает информацию в разряд десятых долей градуса, первый сельсин — единиц, второй — десятков, третий — сотен градусов угла поворота.

Точный датчик автоматически включается в измерение только в 24 положениях, соответствующих углам 0, 15, 30, ..., 345°, обслуживая зоны внутри 0,1°. Точный датчик представляет собой дифференциальную индуктивную головку с Ш-образным магнитопроводом, поочередно взаимодействующую с одним из 24 ферромагнитных упоров, точно установленных на периферии поворотного стола. Когда упор располагается по оси симметрии головки, выходное напряжение становится равным нулю, что является сигналом о достижении столом заданного точного углового положения.

Долговечность работы многих систем станка зависит от правильности работы системы смазки. Шпиндельная бабка имеет централизованную смазку от насосной станции гидравлической системы зажимов стола и переключения оборотов. Редуктор привода транспортера смазывается централизованно от насосной станции гидросистемы устройства автоматической смены инструмента. Редукторы подач имеют индивидуальную смазку от плунжерных насосов, приводимых в действие от эксцентрика, сидящего на промежуточном валу редуктора. Для смазки перечисленных механизмов используют масло «Индустриальное 20».

Смазка всех направляющих осуществляется стандартными лубрикаторами. Двигатели лубрикаторов автоматически включаются во время быстрых ходов соответствующих подвижных органов. Для смазки применяют масло «Индустриальное 45». После длительных перерывов в работе (например, в начале смены) следует прокачать системы смазки для заполнения их маслом. Для ручного включения лубрикаторов предусмотрен тумблер, рекомендуемое время прокачки около 0,5 мин.

Контрольные вопросы

1. Что такое станки типа «обрабатывающий центр»?
2. Каковы особенности ОЦ?
3. Почему выгоднее применять ОЦ с горизонтальными шпинделями?
4. Как осуществляется смена инструментов в станках ОЦ?
5. Как происходит выбор нужного инструмента из магазина в станках ОЦ?
6. Перечислите основные этапы процесса настройки станка ОЦ.
7. Какие преимущества имеет применение УСП в станках с ЧПУ?
8. В чем особенности УСП для станков ОЦ и вообще станков с ЧПУ?

Глава V

АВТОМАТИЧЕСКИЕ ЛИНИИ И УЧАСТКИ ИЗ СТАНКОВ С ЧПУ

§ 1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ

В последние годы в автоматизации обработки деталей в серийном и мелкосерийном производстве наметилось новое направление, которое заключается в том, что создаются автоматические линии, участки и целые производства из станков с ЧПУ.

Особенностями автоматических линий и участков из станков с ЧПУ являются:

— автоматизация транспортно-загрузочных и складских операций заготовок, полуфабрикатов, готовых деталей и смены инструментов;

— упрощение конструкций станков за счет их специализации при встройке в автоматические линии и участки. Уровень специализации оборудования определяется характеристиками деталей и серийностью их производства;

— возможность рассредоточения операций на оборудовании линии (участка), что позволяет использовать его более эффективно;

— комплексная автоматизация управления рабочими и вспомогательными производственными процессами, их планирование, учет хода и результатов процесса в изменяющихся условиях производства;

— законченный цикл производства;

— сокращение численности обслуживающего персонала;

— освобождение человека от утомительных физических нагрузок и однообразных умственных операций;

— стабильность качества выпускаемой продукции.

Принципиальной особенностью автоматических линий и участков из станков с ЧПУ является применение централизованного управления на базе ЭВМ, что позволяет выполнять следующие основные функции:

— распределять задания по станкам и участкам в соответствии с ходом выполнения планового задания или в соответствии с заданным режимом работы производства;

— учитывать ход и результаты производственного процесса;

— накапливать и выдавать управляющие программы и наладочную информацию для управления рабочим процессом в соответствии с плановым производственным заданием;

— подготавливать и контролировать управляющие программы и оперативно корректировать их по результатам обработки;

— формировать и выдавать управляющие сигналы на устройства станочного управления;

— обеспечивать станочников наладочной и операционной информацией;

— формировать задания для обеспечения линии (участка) заготовками, инструментом и оснасткой;

— подготавливать отчет о работе линии (участка) за смену и выпуске продукции;

— формировать и выдавать управляющие сигналы на устройство управления автоматической транспортно-складской системой;

— автоматически диагностировать и контролировать работу оборудования и анализировать тенденции протекания технологических процессов.

Автоматическая смена управляющих программ для станков с ЧПУ является необходимым звеном в автоматизированном участке и может быть реализована в рамках системы управления станками с ЧПУ от общей ЭВМ, когда программы автоматически рассчитываются и передаются к станкам от управляющей ЭВМ, или же с помощью центральной библиотеки программ, хранящихся в запоминающем устройстве, откуда они выдаются по запросу от станков с ЧПУ.

Возможны три варианта систем управления участком. В первом варианте у каждого станка предусматривается система ЧПУ, в которой на одну перфоленту записано несколько программ, что позволяет при переходе на обработку другого изделия не менять перфоленту, а автоматически отыскивать нужную программу. Во втором варианте у каждой системы ЧПУ имеется запоминающее устройство малой емкости для хранения порядка трех управляющих программ, вводимых туда с центрального считывающего устройства. Третий вариант является наиболее автоматизированным и представляет собой систему ЧПУ—ЭВМ.

На автоматических линиях и участках из станков с ЧПУ обрабатывают корпусные детали (корпуса, картеры, коробки и т. д.) и тела вращения (валы, фланцы, диски, гильзы и т. д.). Эффективность применения автоматических линий и участков из станков с ЧПУ зависит от сложности обрабатываемых деталей и их серийности.

Повышение производительности и одновременное увеличение гибкости технологического оборудования являются противоречивыми требованиями. Так, обычные автоматические линии обладают высокой производительностью, но имеют незначительные возможности для переналадки в короткое время на другие типы изделий. В противоположность им многоцелевые станки с ЧПУ обладают очень большой маневренностью при переходе на обработку других изделий, что оказывается особенно ценным в индивидуальном и мелкосерийном производстве. Однако многоцелевые станки производят одноинструментальную обработку изделия последовательно, операция за операцией. Это существенно ограничивает их производительность.

Автоматизированные участки станков с ЧПУ занимают промежуточное положение по производительности и гибкости между обычными автоматическими линиями и многоцелевыми станками с ЧПУ, являясь экономически эффективными для мелко- и среднесерийного производства.

Автоматические линии и участки из станков с ЧПУ позволяют в ряде случаев повысить производительность труда в серийном производстве в 5 и более раз по сравнению с универсальными станками.

Автоматические линии и участки из станков с ЧПУ предназначены для обработки наиболее ответственных и сложных деталей. В общем виде обработка такой детали, например корпусной, состоит из следующих этапов:

— предварительного — черновая обработка и искусственное старение;

— первого — чистовая обработка базовых поверхностей, а в отдельных случаях обработка других поверхностей (если операции выполняют на станках с поворотными столами);

— второго — получистовая и чистовая обработка с использованием единой базы;

— третьего — доводочные операции, необходимые для изготовления особо точных деталей. Эти операции выполняют на особо точных станках в специальных термостатированных помещениях.

Во всех случаях этап предварительной обработки осуществляется на централизованных литейных заводах или заготовительных цехах. Первый этап обработки выполняется для корпусных деталей обычно вне автоматической линии (участка), а при обработке тел вращения, например валов, — на самой линии (участке). Второй этап производится на автоматической линии (участке) и третий этап обработки (если он требуется) опять выполняется вне линии (участка).

На автоматических линиях и участках из станков с ЧПУ выполняют следующие операции:

— для корпусных деталей: разметка и проверка заготовок, черновое и чистовое фрезерование плоскостей, сверление, фрезерование, растачивание черновое и чистовое больших отверстий, сверление мелких отверстий и нарезание резьб, мойка и контроль;

— для тел вращения: подрезка торцов, центрование, точение, сверление отверстий, нарезание резьб, фрезерование шпонок, канавок, лысок, шлифование, мойка и контроль.

Взаимосвязанное автоматическое оборудование из станков с ЧПУ подразделяется на следующие типы: автоматические линии, участки и производства.

Автоматическая линия из станков с ЧПУ — совокупность автоматических станков (машин) с ЧПУ, установленных в порядке прохождения технологического процесса; загрузку, разгрузку и межоперационное перемещение обрабатываемых изделий от станка к станку осуществляет автоматическая транспортная система с программным управлением, включающая накопитель первичной загрузки, смена инструмента автоматизирована, работой всего оборудования управляет единая программа.

Автоматический участок из станков с ЧПУ — совокупность станков с ЧПУ с единой системой управления загрузкой станков. Для участка характерны наличие общего автоматизированного склада для заготовок, полуфабрикатов и готовых изделий, механизированных или автоматизированных, например с помощью промышленных роботов, средств доставки от станков к складу и обратно заготовок и полуфабрикатов, общей системы подготовки инструмента и приспособлений. Управление работой всего оборудования осуществляется по взаимно увязанным программам.

На рис. 149, *а*, *б* приведены принципиальные схемы автоматической линии из станков с ЧПУ и автоматического участка из станков с ЧПУ.

Автоматическое производство — совокупность нескольких автоматических линий или участков из станков с ЧПУ.

Отличительная особенность этого оборудования — возможность быстрой переналадки на различные типоразмеры обрабатываемых деталей в пределах значений, установленных технической документацией.

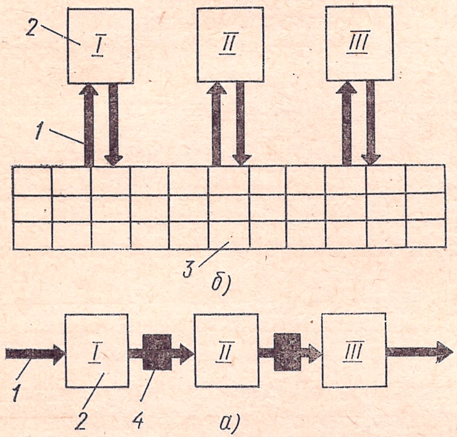


Рис. 149. Принципиальная схема автоматической линии (*а*) и участка из станков с ЧПУ (*б*):

1 — транспортная система, *2* — станки, *3* — автоматический склад, *4* — межоперационный накопитель

Автоматические линии и участки из станков с ЧПУ относятся к сложному оборудованию, поэтому дальнейшая классификация приводится по основным конструктивным и технологическим факторам, определяющим особенности автоматизированного оборудования.

По типу обрабатываемых деталей линии и участки из станков с ЧПУ могут разделяться: для обработки корпусных деталей, тел вращения и деталей любой формы в определенном диапазоне размеров. Тип обрабатываемой детали оказывает существенное влияние на состав оборудования. Так, например, при обработке корпусных деталей большинство оборудования выполняет фрезерно-расточные операции, а при обработке тел вращения — токарные.

По составу и расположению оборудования в автоматических линиях и участках выделяют групповые участки, в которых оборудование взаимно дополняет друг друга и расположено последовательно по технологическому признаку (токарное, фрезерное, шлифовальное и т. д.); участки со взаимозаменяемыми позициями, в которых одна и та же операция может быть выполнена на нескольких позициях (единицах) встроенного оборудования, например на нескольких станках типа «обрабатывающий центр»; комбинированные.

Автоматические линии и участки со взаимодополняемым оборудованием более эффективно применять при обработке однотипных деталей с относительно большим объемом партии. В этом случае возможно обеспечить хорошую загрузку специализированного оборудования во времени.

При обработке изделий с большой номенклатурой и малыми сериями требуется большая гибкость в организации производства и поэтому более эффективными в этом случае являются участки (линии) со взаимозаменяемым оборудованием.

К технологическому оборудованию автоматизированного участка предъявляются те же самые требования, что и к любому автоматически действующему оборудованию: высокая мощность, большая жесткость и малые температурные деформации. Такие требования необходимы по той причине, что точность обработки достигается самим оборудованием без коррекции рабочим процесса обработки.

Система смены обрабатываемых изделий подразделяется на транспортную систему и систему их зажима. Работа транспортной системы должна быть полностью согласована с работой станков с ЧПУ, а от системы зажима требуется повышенная универсальность, чтобы обеспечить зажим различных изделий одними и теми же приспособлениями.

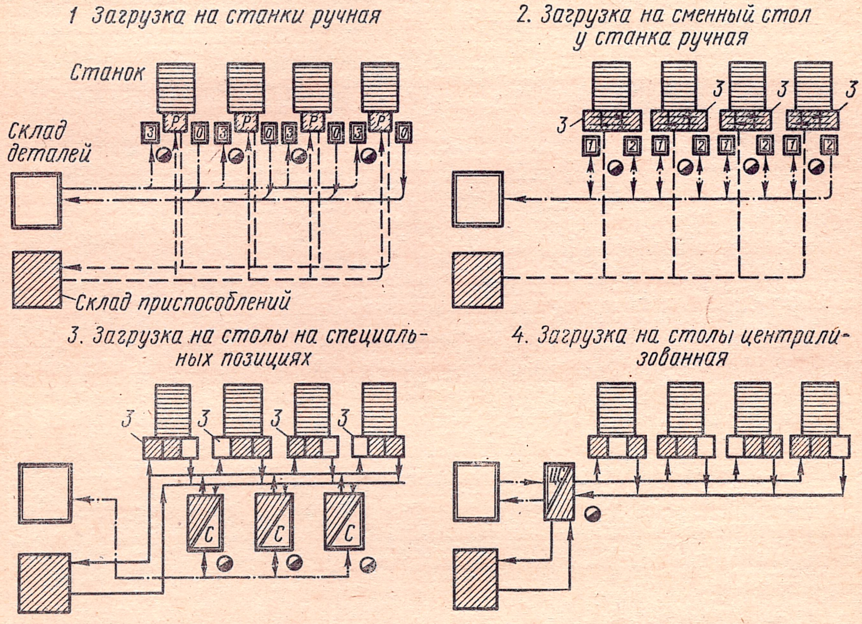
По типу транспортирования деталей автоматические линии и участки из станков с ЧПУ подразделяются: с непосредственной установкой на транспортные устройства, на приспособления-спутники и комбинированные. Наличие приспособлений-спутников удорожает транспортную систему автоматических линий и участков, однако при этом существенно упрощается переналадка оборудования.

§ 2. ТРАНСПОРТНО-СКЛАДСКИЕ СИСТЕМЫ

Транспортно-складские системы автоматических участков и линий из станков с ЧПУ предназначены для автоматического приема и хранения заготовок, межоперационного транспортирования полуфабрикатов, приема и хранения готовых деталей, погрузочно-разгрузочных операций на рабочих местах, снабжение рабочих мест оснасткой и технической документацией. Транспортно-складская система управляется от ЭВМ. Мелкие и средние корпусные детали простой формы и тела вращения транспортируются обычно в таре, корпусные детали сложной формы транспортируются на приспособлениях-спутниках.

Транспортно-складские системы для корпусных деталей

Анализ схем транспортно-складских систем для корпусных деталей позволяет выделить четыре принципиальные схемы их построения, отличающиеся уровнем автоматизации (рис. 150).



1 Загрузка на станки ручная

2. Загрузка на сменный стол у станка ручная

3. Загрузка на столы на специальных позициях

4. Загрузка на столы централизованная

Рис. 150. Схемы транспортно-складских систем для корпусных деталей

I. Загрузка непосредственно на станки (ручная или автоматическая)

Заготовка подается транспортной системой на стол-позицию *З*, приспособления — непосредственно на рабочую позицию *Р*. По окончании обработки детали станочник (при ручной загрузке) снимает ее с рабочей позиции *Р* и ставит ее на стол-позицию *О*. Затем устанавливает новое зажимное приспособление, берет заготовку с позиции *З* и устанавливает на позицию *Р*, после чего начинается обработка на станке с ЧПУ. Во время обработки станочник деталь с позиции *О* отправляет на склад деталей, а снятое приспособление (или его элементы) — на склад приспособлений. Такая система загрузки требует много вспомогательного времени, не совмещенного с временем обработки, что снижает эффективность использования станков с ЧПУ. Рабочий-станочник затрачивает много времени, выполняя тяжелую физическую работу по загрузке и разгрузке станков. При автоматической загрузке последнее положение отсутствует.

II. Загрузка на стол — ручная

Прежде всего рассмотрим работу отдельно стола. Стол представляет собой трехпозиционное транспортное устройство челночного типа с прямолинейным перемещением, работа которого хорошо видна на рис. 151. Устройство работает следующим образом:

Положение 1 — станок ведет обработку детали *О*. На столе находится заготовка на позиции *З*.

Положение 2 — обработка на станке окончена, обработанная деталь подается из зоны обработки на позицию *О* стола.

Положение 3 — стол делает один ход влево, устанавливая позицию с заготовкой *З* против приемного устройства станка.

Положение 4 — заготовка с позиции *З* подается в рабочую зону станка.

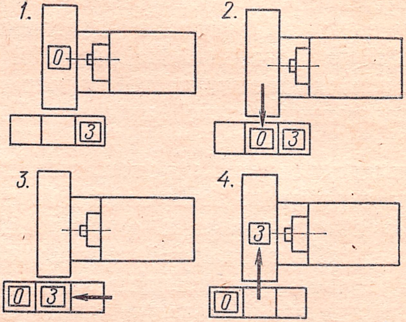


Рис. 151. Вариант загрузки станка с ЧПУ с помощью трехпозиционного стола:

О — обработанное изделие, *З* — заготовка

Рассмотрим работу транспортной системы (см. рис. 150). Заготовки из склада подаются на загрузочные позиции *1* или *2*, на которых станочник их устанавливает на приспособление, а затем перегружает его на свободную позицию стола-спутника *3*. Приспособления поступают непосредственно к рабочей позиции станка. При таком построении транспортной системы все операции загрузки—разгрузки непосредственно на станке автоматизированы и потому вспомогательное время, не совмещенное со временем обработки, невелико. Однако рабочий-станочник выполняет все же большой объем ручных операций по установке и перегрузке приспособлений с заготовками и готовыми деталями с загрузочных позиций *1* и *2* на стол-спутник *3* и обратно.

III. Загрузка на столы на специальных позициях

В этом случае заготовки и приспособления поступают на специальные позиции *С* транспортной системы, где происходит установка детали на приспособление, и в таком виде они транспортируются на стол-спутник *3*. Обработанные детали с приспособлениями также поступают на позицию *С*, где они разбираются, и обработанные детали и приспособления возвращаются на свои склады. При такой компоновке рабочий-наладчик тратит меньше времени и физического труда на транспортно-загрузочные операции.

IV. Загрузка на столы централизованная

Эта схема является наиболее совершенной. В этом случае на автоматическом участке или линии специально выделяют площадку для централизованной подготовки производства: установки заготовок на приспособления и разборку их после обработки на участке (линии). Эту операцию выполняет специальный рабочий, применяя различные технические средства и обычно только в первую смену, в то время как участок (линия) работает в 2—3 смены. Заготовки и обработанные детали поступают со склада заготовок, а приспособления — со склада приспособлений.

Транспортная система изделий представляет собой комплект продольных и поперечных транспортных магистралей, обеспечивающих перемещение приспособлений-спутников к любому из объектов системы. На рис. 152 показан общий вид транспортной системы автоматической линии из станков с ЧПУ для обработки корпусных деталей кубической формы, а также плоских деталей массой до 67 кг (партия 20—1000 шт.). Деталь вместе с приспособлением-спутником перемещается по роликовому приводному транспортеру вдоль всей линии станков, а в поперечном направлении — по ответвлениям к отдельным станкам типа «обрабатывающий центр». Загрузка производится непосредственно на станки по схеме *I*. Все станки установлены в один ряд. Станки *6* одинаковые — с горизонтальной осью вращения инструмента, два из них спаренные (обозначены буквой *Б*), на них возможна обработка детали с двух сторон одновременно.

В центре расположен вертикальный станок *4* для обработки отверстий в верхней плоскости детали. Наличие одинаковых станков, каждый из которых может выполнять любые переходы, позволяет равномерно загружать их, несмотря на различие в штучном времени обработки различных деталей.

Приспособление-спутник *3* на позициях *А* получает задание — адрес на те или иные станки. Если можно выполнить данные переходы на нескольких станках, приспособление-спутник получает два или три адреса. Когда один станок загружен, то поворотный стол *1* не пропускает деталь к нему, а направляет ее к следующему станку на поперечный транспортер. На позициях *В* спутник загружается и движется по продольной ветви конвейера до моечной машины *5*. Эту ветвь называют выходной в отличие от входной, на которую попадает спутник после моечной машины.

С входной ветви деталь может быть подана на любой станок, которому она была адресована. Для этого установлены на поворотных столах считывающие устройства *2* для команды на поворот. Если станок занят, то считывающее устройство не позволяет повернуться столу, а пропускает деталь дальше по входной ветви до свободного станка, где стол поворачивается и деталь проходит на поперечный транспортер. После обработки спутник по поперечному транспортеру попадает на выходную ветвь для выбора станка, выполняющего следующую операцию.

Автоматизированная транспортно-складская система на участке станков с ЧПУ предназначена для автоматизации операций приема, хранения и межоперационного транспортирования обрабатываемых деталей, технологической оснастки и инструмента, а также выполнения погру-

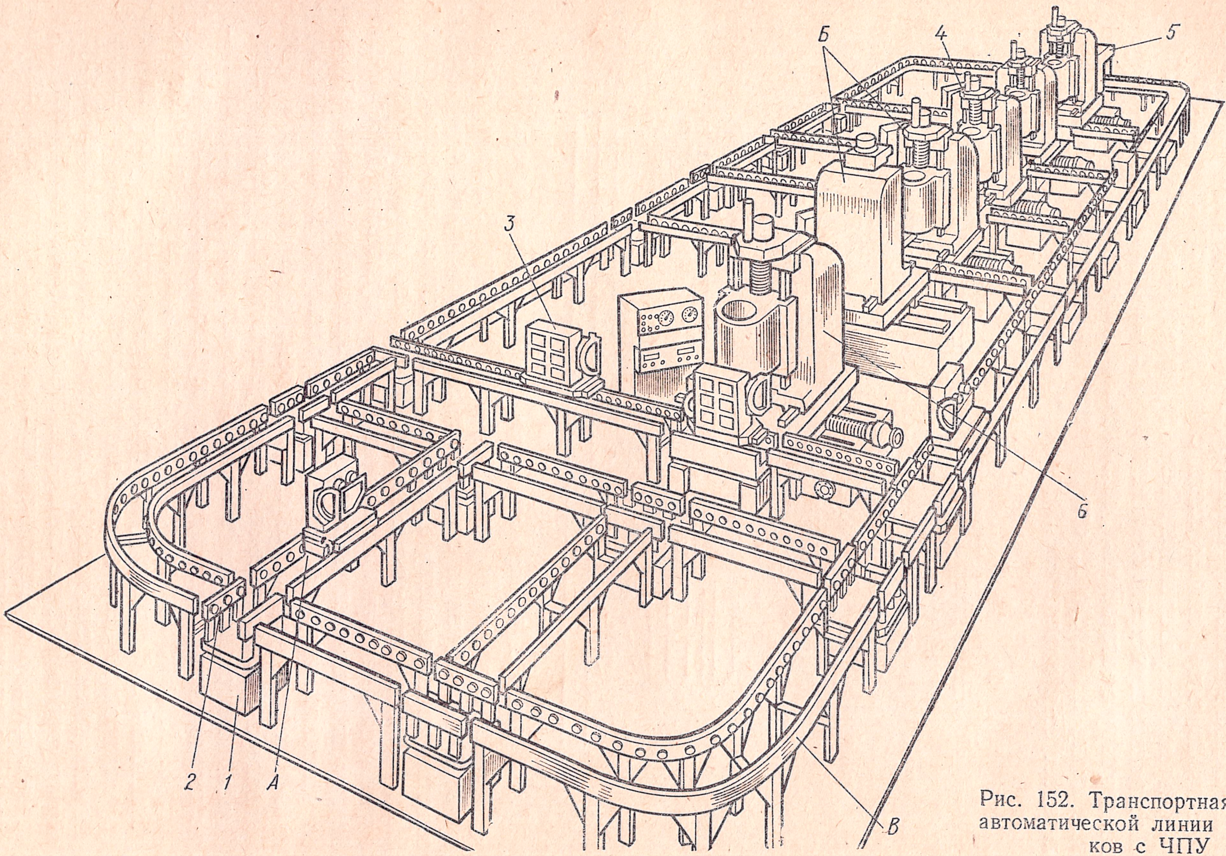


Рис. 152. Транспортная система автоматической линии из станков с ЧПУ

зочно-разгрузочных операций, операций на рабочих местах. Система состоит из транспортеров приема и выдачи, трехъярусных стеллажей-накопителей, автоматического крана-штабелера, рабочих мест с зонами загрузки, выгрузки и рабочими столами, а также центрального диспетчерского пульта с панелью управления, световым табло и средствами связи с рабочими местами участка.

На рис. 153 приведен вид сбоку на транспортно-складскую систему, обеспечивающую хранение и доставку заготовок в таре. Транспортер *5* подает тару с заготовками, оснасткой и инструментом в зону действия крана-штабелера *2*, откуда последний по рельсовому пути *1* передает ее в накопитель *3* и на рабочие места *6*. Диспетчерский пульт *4* расположен за стеллажом. Кран-штабелер (рис. 154) представляет собой тележку *1*, перемещающуюся по рельсовому пути. На тележке смонтированы колонна *4*, по которой поднимается или опускается платформа *2*, и электрошкаф управления *5*. Кран-штабелер оснащен двумя телескопическими захватами *3*, позволяющими осуществлять погрузку, разгрузку и транспортирование тары определенных размеров. Продольные перемещения тележки *1* крана-штабелера производятся от регулируемого тиристорного привода *6*. Вдоль линии станков имеется шесть рабочих мест (по числу станков). Фиксированная остановка тележки осуществляется с помощью тормоза *8*. Зоны приема и выдачи с рольгангами загрузки и выгрузки выполнены в первых ярусах стеллажа-накопителя. Подъем платформы производится от индивидуального привода *7*. С внешней стороны накопителя монтируется рабочий стол. Рольганги загрузки и выгрузки и рабочие столы оснащены пневмоподъемниками, благодаря которым производится наклон рольгангов и тара скатывается с рольганга загрузки на рабочий стол и с рабочего стола на рольганг выгрузки. Подвесной пульт управляет перемещением ра-

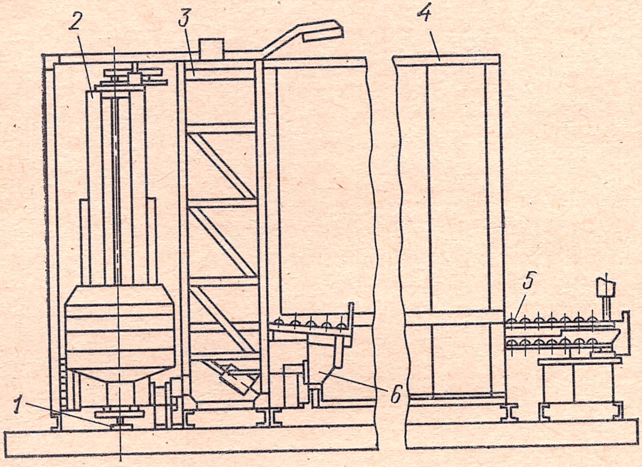


Рис. 153. Автоматическая транспортно-складская система

бочего стола, подъемом и опусканием рольгангов. Транспортная система работает следующим образом. Транспортный рабочий, доставивший партию заготовок в таре, устанавливает ее на транспортер загрузки и отправляет в зону действия диспетчера, который, проверив содержание тары и сопровождающей технической документации, вводит в устройство регистрации информации перфокарту, содержащую шифр заготовок и их количество. Эта информация по каналам связи поступает на ЭВМ. Далее заготовки поступают с помощью транспортера в зону, обслуживаемую автоматическим краном-штабелером, который по команде, поступившей от ЭВМ, забирает тару из зоны загрузки и устанавливает в одну из ячеек накопителя. Предварительно составленная для ЭВМ программа включает операционные программы работы станков и следующую информацию: какие транспортные единицы в какую ячейку накопителя следует отправлять при загрузке участка; какие заготовки или полуфабрикаты и в какой последовательности следует выдавать на обработку; в какие ячейки следует возвращать их после обработки. Когда зона обработки какого-либо станка свободна, информация об этом поступает в ЭВМ. В соответствии с программой ЭВМ дает команду на доставку автоматическим краном-штабелером в зону приема последовательно инструмента и заготовок. Оператор, обслуживающий данный станок, устанавливает инструмент и принимает заготовки в соответствующей таре. Производится обработка деталей, по окончании которой рабочий стол по команде оператора перемещается на одну ячейку и тара с обработанными деталями

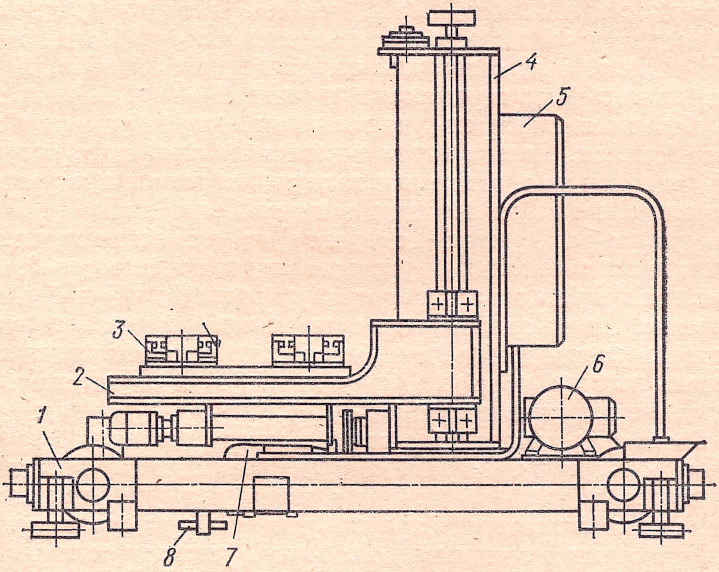


Рис. 154. Кран-штабелер

поступает в зону выгрузки. Информация об этом снова поступает в ЭВМ, и в соответствии с программой кран-штабелер транспортирует тару с деталями в ячейку накопителя или непосредственно на транспортер разгрузки.

Транспортно-складские системы для тел вращения

На рис. 155 показана транспортная система участка для обработки деталей типа фланцев и дисков диаметром до 125 мм. Все оборудование *1* участка располагается вокруг склада-накопителя обрабатываемых деталей *3* емкостью 560 деталей. Сам склад представляет собой подвешенный на вертикальных стойках барабан диаметром 12 м и высотой 5 м, состоящий из девяти колец-этажей. Каждое кольцо радиальными перегородками разделено на 60 ячеек, в которых находятся соответственно заготовки, полуфабрикаты и обработанные детали. Кольца имеют независимое одно от другого вращение, во время которого детали поштучно подаются к соответствующим станкам или на позицию выгрузки барабана.

Загрузочно-разгрузочные операции на станках выполняются автоматически с помощью двухзахватных автооператоров *2*, перемещающихся вдоль вертикальных направляющих и осуществляющих транспортную связь между складом-накопителем и станками. Транспортирование и обработка деталей ведется в шестикулачковых патронах, которые являются приспособлениями-спутниками. Для перезарядки патронов предусмотрена специальная площадка *4*, на которой оператор вынимает из патрона готовую деталь и загружает очередную заготовку. Детали, обработанные с одной стороны, необходимо возвращать на позицию перегрузки для кантования. Патроны с закрепленными в них деталями с помощью механической руки переносятся в специальную каретку *6*, состоящую из трех дисков (в каждом диске восемь гнезд для патронов). Каретка автоматически подает диски к складу-накопителю, куда патроны с деталями по одному загружаются специальным загрузочным устройством *5*. Работой склада-накопителя управляет малая ЭВМ *7*, в функцию которой входят распределение деталей по станкам в нужной последовательности на основании информации о степени наличия заготовок и полуфабрикатов, действительном состоянии станков и сменном задании, управление транспортно-загрузочными устройствами системы: выдача информации персоналу, обслуживающему станки, о требуемой переналадке и времени, за которую она должна быть проведена, о необходимом для обработки режущем инструменте, о величине партии деталей и т. д.

Большинство автоматических линий из станков с ЧПУ имеют в своем составе накопители с ручной переналадкой, чаще всего это обыкновенные склизы. Устройства с автоматической переналадкой в определенном диапазоне размеров созданы в ЭНИМСе.

На рис. 156 показан быстро переналаживаемый начальный магазин для деталей типа валов в пределах $\varnothing\ 10 \div 50$ мм и по длине $L = 100 \div 400$ мм.

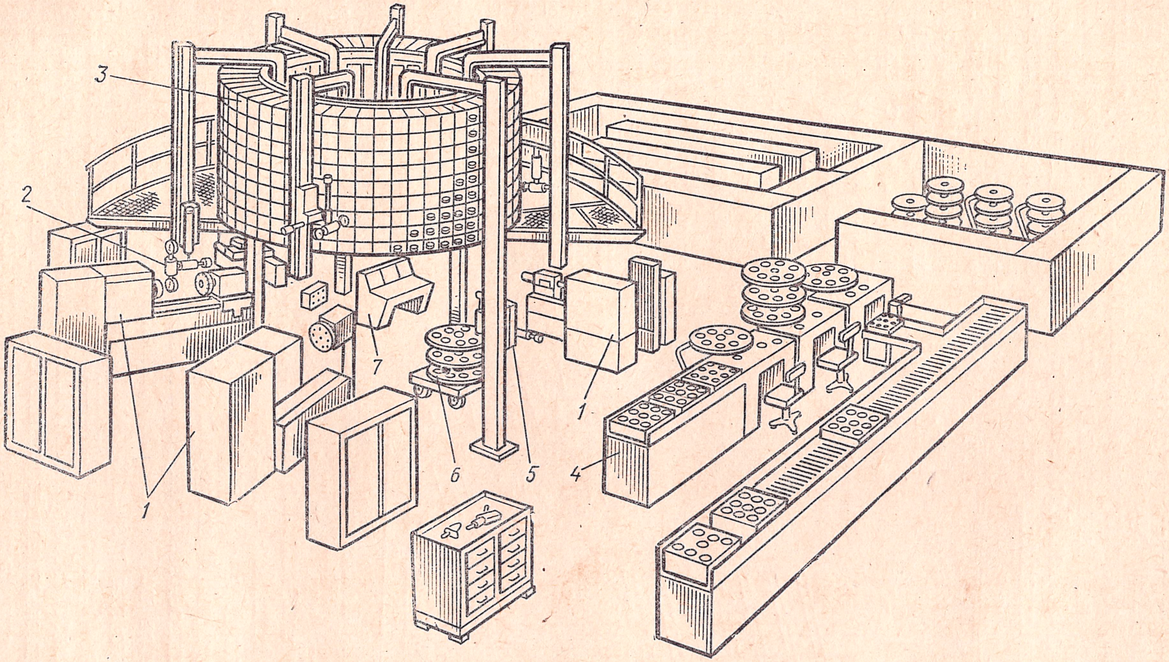


Рис. 155. Транспортная система участка для обработки деталей типа фланцев — дисков

Начальный магазин (магазин для заготовок) представляет собой раму *2*, на которой установлены семь наклонных выдвижных лотков *3*. Заготовки в магазин загружаются вручную. Конец лотка гребенчатый и в зависимости от размера заготовки выдвигается на различную величину.

Эта величина настраивается наладчиком при загрузке заготовок на лоток с помощью шкалы, проградуированной на размеры диаметров от 10 до 50 мм. Кроме настройки по диаметру на лотке имеется подвижная линейка, устанавливаемая по длине загружаемых заготовок, ограничивая их осевое перемещение. Мимо лотков проходит цепь *10*, на которой смонтирована каретка *9* с гребенками. Одна из них подвижная. Привод подвижной гребенки *5* — от редуктора *1* через цепную передачу.

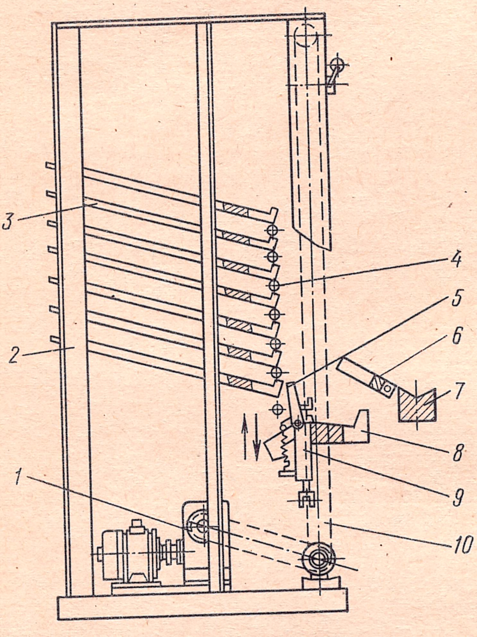


Рис. 156. Автоматический накопитель

В исходном положении подвижная гребенка стоит так, что при движении цепи *10* проходит мимо лотков *3*. У каждого лотка имеется управляемый электромагнитом упор *4*. При требовании на выдачу какой-либо заготовки выдвигается упор на соответствующей полке. При ходе каретки вверх подвижная гребенка задевает упор *4* и, поворачиваясь, входит в гребенку лотка *3*. При дальнейшем движении она приподнимает изделие с лотка, уходит сама с упора и, откидываясь в исходное положение, скатывает заготовку на неподвижный лоток *8*.

Неподвижный лоток при движении каретки *9* вниз в свою очередь оставляет заготовку на промежуточной гребенке *6*, откуда она скатывается на транспортер линии *7*. При ходе каретки *9* вверх промежуточная гребенка *6* откидывается.

Конечный магазин (магазин для приема обработанных деталей) представляет собой рамную конструкцию с выдвижными лотками. Разгрузка магазина выполняется вручную. Восемь лотков приемного магазина установлены горизонтально и на конце каждого из них находится управляемая электромагнитом подвижная гребенка.

Участок лотка последней секции транспортера имеет откидные стенки, позволяющие направлять готовые изделия в приемный магазин.

Подвижная каретка магазина состоит из клинового упора и наклонной гребенки, которая одним краем проходит через лоток транспортера, а другим — через подвижные гребенки лотков.

При ходе каретки вверх она снимает деталь с лотка транспортера и перекатывает ее на другой край гребенки. При этом ходе каретка взводит подвижные гребенки лотков и гребенка проходит мимо них. При ходе вниз гребенка оставляет изделие на подвижной гребенке, которая откинулась под действием электромагнита и должна принять изделие, а клиновой упор проталкивает изделие дальше на лоток. Каждый лоток может принять любое изделие независимо от размера, но на каждый лоток выгружается партия одного размера.

§ 3. КОНСТРУКЦИИ ЗАЖИМНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ АВТОМАТИЧЕСКИХ УЧАСТКОВ И ЛИНИЙ

Зажимные приспособления автоматических участков и линий из станков с ЧПУ должны обеспечивать возможность многократного использования; быструю компоновку и перекомпоновку, а также переналадку; точную координацию заготовки и инструментов; содержать минимальное количество элементов в конструкции.

Для закрепления обрабатываемых деталей применяются различные переналаживаемые приспособления и приспособления-спутники. Эти приспособления имеют, как правило, кодовые опознавательные знаки, а у станков с ЧПУ имеются дешифраторы.

К конструкциям, наиболее отвечающим указанным требованиям, относятся специальные компоновки из элементов универсально-сборочных приспособлений (УСП) и универсально-наладочные в виде многокулачковых патронов, тисков и т. д. В отдельных конструкциях автоматических участков встречаются специальные приспособления для каждой конкретной детали, обрабатываемой на участке.

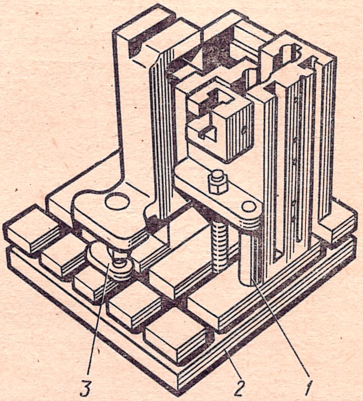


Рис. 157. Приспособление из УСП для станков с ЧПУ

Особенностью конструкции приспособлений является возможность более легкого устранения на станках с ЧПУ погрешностей базирования заготовок за счет введения коррекции с пульта управления. Благодаря указанному, а также отсутствию направляющих втулок комплект УСП уменьшается. Наиболее распространенной конструкцией является приспособление, имеющее базовую плиту с пазами или с сеткой отверстий, что обеспечивает обработку консольным инструментом с нескольких сторон.

На рис. 157 показан общий вид приспособления из УСП. Приспособление состоит из плиты 2, на которой крепятся базовые элементы 3 и прихваты 1. Обрабатываемая деталь фиксируется в строго определенном положении. Само приспособление устанавливается на спутнике, представляющем плиту, которая в свою очередь фиксируется на столе станка. Таким образом, получаются приспособления-спутники. Их особенность в том, что установка и закрепление заготовки производятся вне станков участка (линии). Если

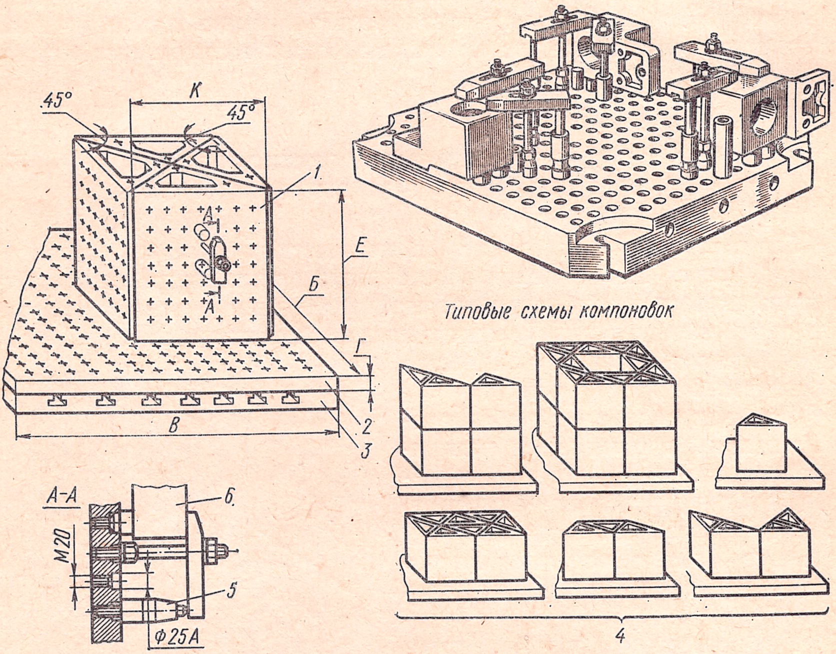


Рис. 158. Приспособления-спутники:

а — общий вид, *б* — элементы конструкции приспособлений-спутников

в качестве базовых элементов применяются плиты с сеткой точных отверстий или Т-образных пазов, то плита закрепляется на столе, в ее отверстиях устанавливаются элементы, штыри или шпонки, позволяющие точно фиксировать заготовку в заранее заданном положении, для которого составляется программа. Монтаж заготовок на постоянной сетке отверстий или пазов базовой плиты упрощает программирование и устраняет некоторые вспомогательные перемещения, обычно выполняемые в начале цикла. Используемые установочные и зажимные элементы выбираются программистом и указываются в маршрутно-технологической карте наряду с кодом элементов приспособлений и буквенно-цифровыми координатами отверстий (пазов) плиты, в которых эти элементы устанавливаются.

На рис. 158, *а* показан общий вид комплекта установочных приспособлений-спутников с элементами крепления. На столе станка

3 (рис. 158, *б*) устанавливается приспособление-спутник *2*, на котором при необходимости могут устанавливаться универсальные угольники *1*, компонуемые в элементы основания *4* приспособлений различной формы.

На плите приспособления-спутника или угольника, имеющего координатные сетки отверстий, устанавливаются зажимные и базовые элементы *5*, набираемые из комплекта УСП для конкретных обрабатываемых деталей *6*.

При обработке деталей на автоматических участках и линиях из станков с ЧПУ особые требования предъявляются к заготовкам с точки зрения их технологичности для удобства базирования в приспособлениях. Так, например, вместо платиков различной формы и размеров на корпусных деталях целесообразно иметь общий прямоугольный платик, так как наличие больших установочных поверхностей упрощает процесс базирования. Приспособления обычно компонуют на участке комплектования режущего и вспомогательного инструмента и заблаговременно подают к станку.

§ 4. ПРОМЫШЛЕННЫЕ РОБОТЫ

Промышленные роботы — универсальные автоматические манипуляторы, способные перемещать обрабатываемые изделия или другие производственные объекты в любую точку обслуживаемого пространства, а также осуществлять необходимую переориентацию. Эти устройства оснащаются различными системами программного управления, что позволяет осуществлять управление сложными перемещениями и упрощает их переналадку. При создании автоматических участков и линий из станков с ЧПУ встает задача совместить в едином цикле и наиболее простым образом как основные технологические, так и транспортные и загрузочно-разгрузочные операции. Для выполнения транспортных и загрузочно-разгрузочных операций в указанных условиях можно применять промышленные роботы. Две важные особенности отличают этот вид оборудования от применяемых транспортных и загрузочных устройств:

— сравнительная простота обеспечения сложной циклограммы работы, в том числе изменения траектории движения исполнительных органов, изменения их скоростей, ускорений и нагрузок, смену рабочего инструмента, измерение обработанной детали и т. д.;

— сравнительная простота переналадки работы оборудования.

Учитывая накопленный опыт в использовании промышленных роботов, можно указать возможную в будущем область их применения в автоматических участках и линиях:

— транспортировка, загрузка и выгрузка заготовок, полуфабрикатов, изделий и инструментов;

— автоматизация процессов складирования, сортировки, выборки и транспортировки заготовок, полуфабрикатов, деталей и инструментов;

— непосредственное осуществление ряда технологических операций, таких, как подсборка, контроль и т. д.

В ряде случаев может оказаться целесообразным сочетать совместную работу робота и человека-оператора.

В функции роботов входят вспомогательные операции: загрузка оборудования, транспортировка изделий между позициями обработки и измерений, измерение обработанных деталей, подсборка, мойка, сортировка и укладка готовой продукции, т. е. операций, которые в обычных условиях могут требовать затрат тяжелого ручного труда.

Использование ЭВМ для управления автоматическими участками и линиями из станков с ЧПУ позволяет обеспечить оптимальные структуры и протекание комплексно-автоматизированного технологического процесса.

Классификация и конструкции промышленных роботов

Производственные функции промышленных роботов, их кинематическая структура, динамические свойства, характеристики систем управления определяются конструктивными особенностями обслуживаемого оборудования, серийностью выпуска изделий, их габаритами, требуемым темпом работы, рядом специальных требований, диктуемых условиями производства на автоматических участках, линиях и отдельных станках с ЧПУ.

Промышленные работы классифицируются по следующим признакам:

функциональному назначению: универсальные, выполняющие широкий круг операций на деталях практически любой формы и в широком диапазоне размеров; специализированные, выполняющие только ряд операций и для определенных деталей (тела вращения, корпусные детали и т. д.) в определенном диапазоне размеров; специальные, выполняющие операции для одного станка или группы станков с ограниченной номенклатурой деталей, например только токарный станок, детали: фланцы, кольца и т. д. в определенном диапазоне размеров.

грузоподъемности;

числу степеней подвижности: «рука» и захват промышленного робота в максимальном сочетании могут осуществлять три перемещения вдоль осей координат и три поворота вокруг этих осей, а также движения сжатия—разжатия захвата;

типу системы управления: в настоящее время промышленные роботы имеют сравнительно простые по структуре цикловые и цифровые системы управления. В качестве программоносителей используются: матричная штекерная панель, штекерный и магнитный барабаны, магнитная лента. В дальнейшем предусматривается создание высокоуниверсальных роботов, управляемых непосредственно от ЭВМ;

конструктивным признакам: стационарный или передвижной, встроенный в оборудование или выполненный автономно;

по характеру перемещения «руки» роботы делятся на позиционные (от точки к точке) и контурные (по непрерывной траектории); позиционные системы управления (с перемещением от точки к точке) обеспечивают перемещение «руки» по жесткому маршруту между намеченными программистом точками, являющимися позициями, где «руки» должны, например, взять заготовку и перенести ее на станок в загрузочное устройство или после обработки детали на линии уложить их в штабеля и т. п.; контурные системы управления (по непрерывной траектории) обеспечивают плавное точное непрерывное перемещение «руки» по заданному контуру с заданными скоростями и при необходимости с ускорением движения на отдельных участках траектории, например при установке к снятию деталей с поворотных столов и движущихся транспортеров.

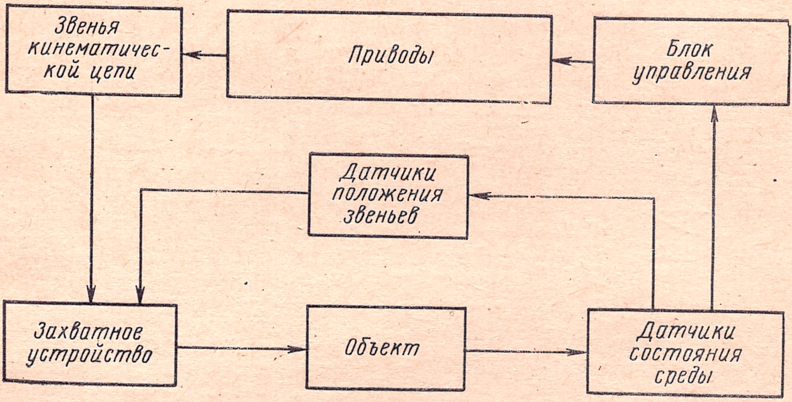


Рис. 159. Блок-схема промышленного робота

Блок-схема промышленного робота показана на рис. 159. Укрупненно робот состоит из исполнительных органов, системы датчиков положения звеньев («руки», захваты и т. п.) и вычислительного управляющего устройства. Исполнительная часть робота состоит из манипулятора и системы сервоприводов (для неподвижных роботов). У подвижных роботов в исполнительную часть входит также механизм перемещения самого робота. Приводы роботов — гидравлические, пневматические, электрические или комбинация этих видов. Манипулятор промышленного робота состоит из «руки», снабженной захватом.

На рис. 160 показан общий вид подвижного промышленного робота, стойка которого перемещается по напольным направляющим. На стойке горизонтально установлен манипулятор. В зависимости от исполнения цикла работы промышленный робот выполняет следующие движения: перемещение всего устройства по направляющим (координата X), вертикальное перемещение манипулятора (координата Y), горизонтальное перемещение манипулятора (координата Y), поворот манипулятора в горизонтальной плоскости (координата S), поворот захвата относительно «руки» (координата E), зажим—разжим захвата. Общее количество степеней подвижности — семь. Последовательность и величина перемещений задаются штекерной панелью и системой переключателей (цикловая система программного управления); управление может быть позиционным или контурным. Величина горизонтального

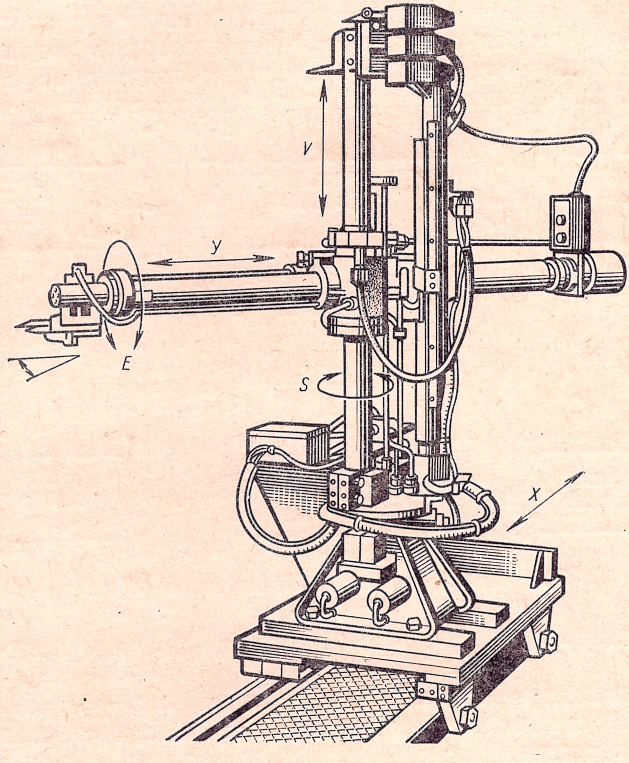


Рис. 160. Общий вид подвижного промышленного робота

перемещения «руки» — до 100 мм, вертикального — до 750 мм при скорости 900 мм/с, точность позиционирования ±0,5 мм. Максимальный поворот манипулятора — 240° при скорости 90 град/м. Скорость горизонтального перемещения — 450 мм/с. Грузоподъемность до 60 кГ при длине «руки» 1100 мм, в специальном исполнении — до 48 кГ при длине «руки» 1400 мм.

На рис. 161 показан неподвижный промышленный робот, стойка которого закреплена у обслуживаемого оборудования (зона его действия заштрихована). На стойке установлен горизонтально манипулятор. Промышленный робот может выполнять следующие движения: вертикальное перемещение манипулятора (координата V), горизонтальное перемещение манипулятора (координата Y), поворот манипулятора в горизонтальной плоскости (координата *S*), поворот захвата относительно «руки» (координата *E*), зажим—разжим захвата. Система управления — позиционная. Величина горизонтального перемещения «руки» — 500 мм при скорости 400 мм/с, величина вертикального перемещения «руки» — 500 мм при скорости 250 мм/с. Угол поворота «руки» в горизонтальной плоскости — 220°, угол наклона «руки» — 90, 180°. Точность позиционирования ±2 мм.

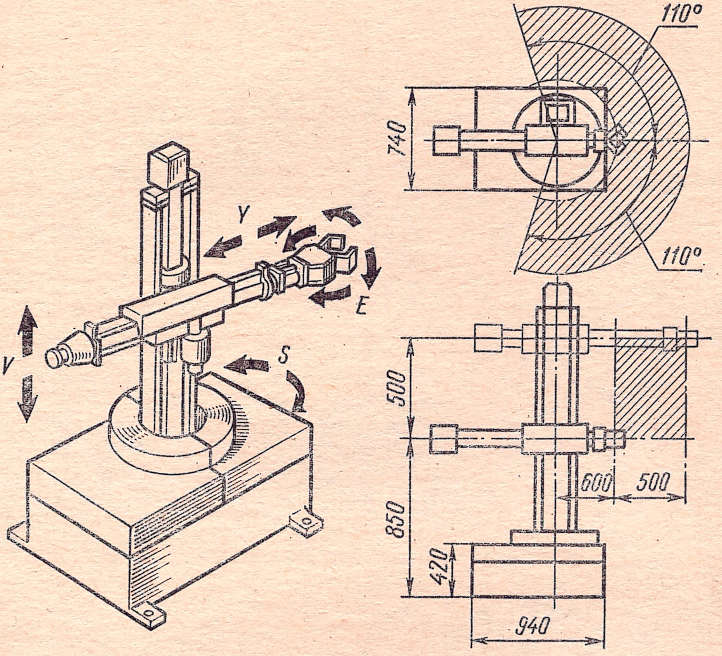


Рис. 161. Общий вид неподвижного промышленного робота

Захватывающие приспособления промышленных роботов

В качестве захватывающих приспособлений в промышленных роботах применяются электромеханические, пневматические и вакуумные механизмы.

Захватывающие приспособления промышленных роботов должны отвечать следующим требованиям:

— если деталь подвергается механической обработке по захватываемой поверхности, то изменение размера детали должно быть компенсировано. Для этого зажимные элементы снабжаются упругими (компенсирующими) деталями или самонастраивающимися захватами, которые соответствуют конфигурации детали;

— если имеется выбор размеров захвата детали, то лучше выбирать бóльший размер, так как он обычно гарантирует лучшую установку детали;

— захватывающее устройство не должно наносить повреждения поверхности. детали.

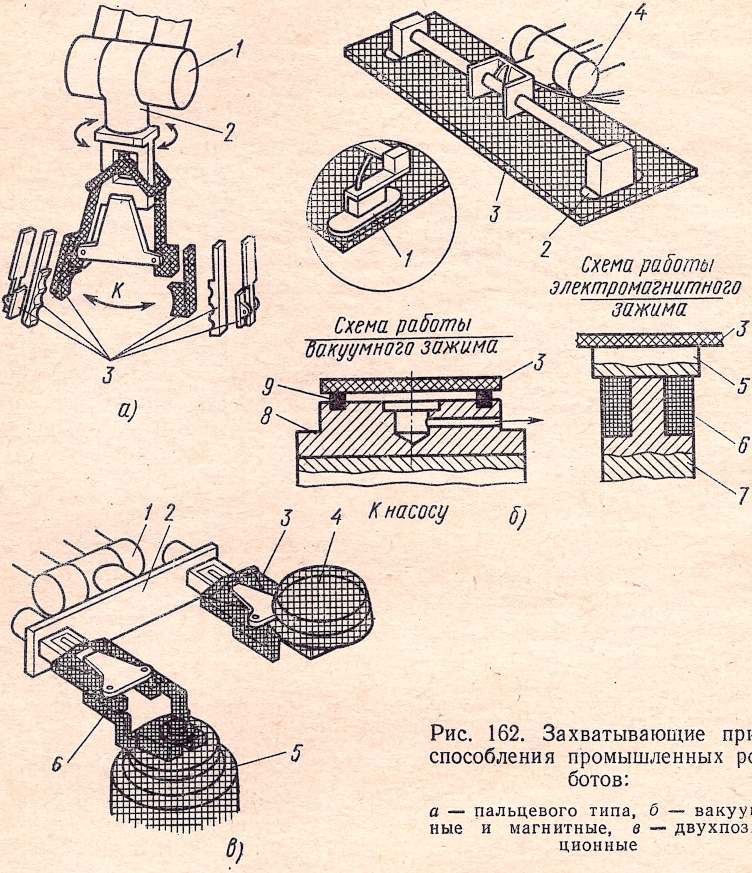

1
2
К
3
а)
4
3
2
1
Схема работы электромагнитного зажима
3
5
6
7
Схема работы вакуумного зажима
9
8
3
К насосу
б)
1
2
3
4
5
6
в)

Рис. 162. Захватывающие приспособления промышленных роботов:

а — пальцевого типа, *б* — вакуумные и магнитные, *в* — двухпозиционные

Рассмотрим несколько конструкций захватывающих приспособлений промышленных роботов.

На рис. 162, *а* показаны основные элементы зажимов пальцевого типа. Движение кулачков *3* обозначено на рисунке стрелкой *К*. Кулачки захватов соответствуют конфигурации захватываемых деталей. При манипулировании деталями, размеры или диаметры которых меняются в процессе обработки, кулачки оснащаются прокладками с полостями различных размеров. Прокладки на кулачках могут быть самоустанавливающимися, обеспечивающими надежность захватывания деталей. Кулачки соединены с «рукой» *1*, оснащенной рычажными передачами с приводом от цилиндра *2*, обеспечивающими работу кулачков и увеличение усилия, необходимого для захвата детали. Если зажимаются хрупкие детали, то зажимное усилие должно быть ограничено, для чего предусматривается регулятор давления для поршня, обеспечивающего усилие захвата детали (на рисунке не показан).

На рис. 162, *б* показаны вакуумные *1* и магнитные *2* захваты для плоских деталей *3* типа листов, плит, фланцев, установленные на «руке» *4*. Точность позиционирования таких захватов небольшая, зато время срабатывания мало. Магнитный захват состоит из корпуса *7*, на котором устанавливается катушка *6* и крепится плита *5*. При подходе к детали включается катушка, благодаря чему возникает магнитный поток, замыкающийся через деталь *3*. Вакуумный захват состоит из корпуса *8* и резиновой прокладки *9*. После подхода к детали из полости захвата откачивается воздух и под деталью создается разреженная зона. Под действием силы атмосферного давления деталь *3* сжимает резиновую прокладку *9*, прижимаясь к опорной плоскости корпуса *8*, — происходит закрепление детали в захвате. Магнитные захваты используются в основном для тяжелых и средних металлических деталей, вакуумные захваты — для легких деталей.

Особый интерес представляют двухпозиционные захватывающие приспособления *2*, установленные на «руке» *1* (рис. 162, *в*). В этом случае один из захватов *3* «руки» промышленного робота берет заготовку *4* и переносит ее в непосредственную близость от зоны обработки. По окончании обработки готовая деталь выгружается из патрона *5* свободным захватом *6* «руки», в то время как новая заготовка загружается в патрон захватом *3*.

§ 5. ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ ХОЗЯЙСТВО АВТОМАТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ И УЧАСТКОВ ИЗ СТАНКОВ С ЧПУ

Система инструментального хозяйства автоматических участков и линий из станков с ЧПУ состоит из необходимых комплектов режущего и вспомогательного инструмента, устройств хранения и смены инструмента на станках, транспортной системы доставки инструментов к станкам, устройств для настройки инструмента на размер вне станка.

В автоматических линиях и участках из станков с ЧПУ используется обычно универсальный режущий инструмент. В отдельных случаях стандартные инструменты подвергаются доработке: укорочению, уменьшению сечения хвостовика, дополнительному шлифованию для выдерживания основных базовых размеров с необходимой точностью. Однако при большой серийности обрабатываемых деталей допускается использование комбинированного многолезвийного режущего инструмента и многоинструментальных наладок. Масса и габаритные размеры инструментов, сменяемых из магазина станка и инструментального транспортера, ограничивают их использование.

Максимальные диаметральные размеры ограничены расстоянием между гнездами магазина, линейные — жесткостью инструмента, консольно работающего без поддержек и направляющих втулок, и длиной хода по оси Z. Масса инструмента ограничена грузоподъемностью автоматических рук и перекладывателей с инструментального транспортера в магазин станка.

Вспомогательный инструмент (переходные оправки, втулки, державки, головки, блоки и т. д.) для крепления режущего инструмента может иметь цилиндрические и конические хвостовики, устанавливаемые в отверстие шпинделя станка, в пазах, имеющих направляющие типа «ласточкин хвост», для установки державки и закрепления ее сверху несколькими винтами и т. д. Требования к повышению жесткости и виброустойчивости комплекта режущего и вспомогательного инструмента приводят к увеличению габаритов и массы вспомогательного инструмента. Вспомогательный инструмент в условиях участка или линии должен обеспечить закрепление стандартного инструмента, настройку на размер вне станка этого комплекта и его быстрое закрепление на станке.

В существующих автоматизированных участках станков с ЧПУ размер обрабатываемых деталей выдерживается в заданных допусках за счет предварительной настройки режущего инструмента. Однако чем сложнее обработка, тем настоятельнее требуется измерение и контроль обрабатываемых деталей как в процессе обработки, так и после него.

Для увеличения запаса инструмента на автоматических участках и линиях принято два конструктивных решения:

— применение сменных инструментальных магазинов;

— добавление к револьверной головке или инструментальному магазину накопителя инструмента большой емкости, в качестве которого может служить цепной транспортер.

В обоих случаях запас инструмента в револьверной головке или инструментальном магазине достаточен для обработки данной партии деталей, смена или перезарядка их производится автоматически при переналадке станка на новую партию деталей. Преимущество такой системы заключается в возможности при относительно небольшой емкости станочных магазинов иметь для каждого станка практически неограниченную номенклатуру режущего инструмента.

Примером такого решения служит токарный станок *1* (рис. 163), оснащенный револьверной головкой *2*. Со стороны задней бабки станка установлен дополнительный накопитель *4* значительно большей емкости, чем количество инструментов, находящихся в револьверной головке. Станочный инструментальный магазин перезаряжается двухзахватным автооператором *3*, установленным на специальной стойке между станком и накопителем инструмента.

На автоматическом участке накопитель инструмента выполнен в виде цепного конвейера вертикального или горизонтального типа с гнездами, проходящего вдоль ряда обслуживаемых им станков. По мере надобности конвейер направляет свой запас инструмента к нужному станку.

Работой транспортно-накопительной системы инструмента управляет рабочий, который набором соответствующего кода вызывает к станку нужный инструмент, а также ЭВМ, которая вместе с очередной партией заготовок направляет к станку инструмент, необходимый для ее обработки.

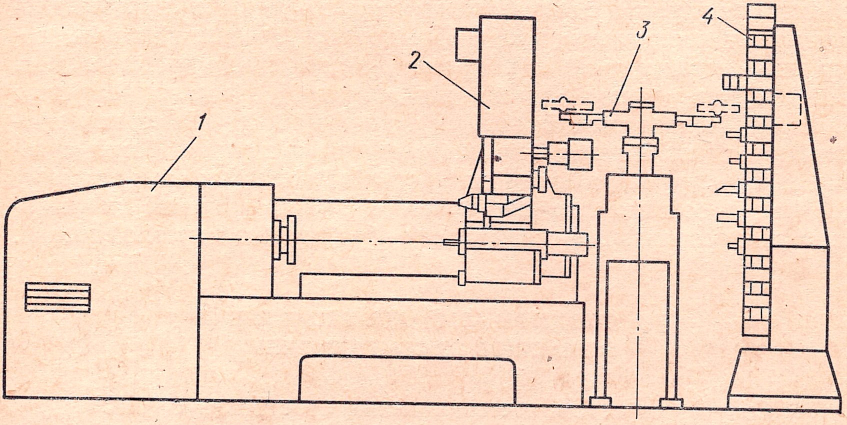


Рис. 163. Инструментальный магазин для участка станков с ЧПУ

Поиск инструмента в магазине происходит по двум основным системам: с кодированием гнезда и кодированием инструмента. При кодировании инструмента каждая инструментальная оправка должна нести на себе кодовый знак, с помощью которого отыскивается по программе требуемый инструмент.

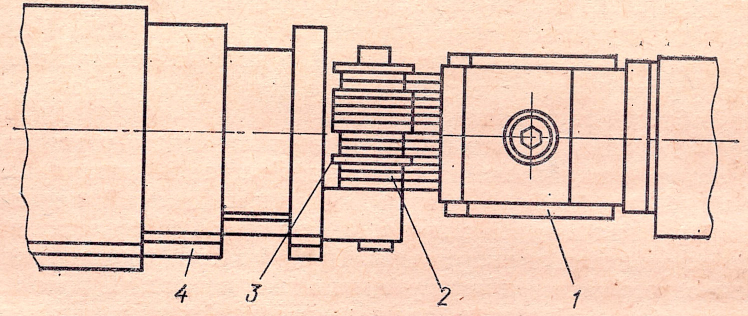


Рис. 164. Схема выбора инструмента из инструментального магазина

Предварительный выбор инструмента, необходимого для обработки данной детали, из инструментального магазина или накопителя инструмента производится следующим образом (рис. 164). Инструментальная державка *4* снабжается специальными кодовыми кольцами *3*. Державка, проходя мимо пальцев *2* считывающей головки *1*, сообщает информацию о находящемся в ней инструменте. При идентичности информации о потребности в данном инструменте и его наличии в соответствующей державке инструментальный магазин останавливается и происходит автоматическая смена инструмента.

Для организации успешной эксплуатации автоматических участков и линий из станков с ЧПУ ограничивают номенклатуру используемого режущего и вспомогательного инструмента и строго регламентируют настроечные координаты, геометрические размеры, положения вершин режущих кромок, номер инструмента и т. д. Для каждого участка (линии) разрабатывается каталог режущего и вспомогательного инструмента, по которым работают как программисты, так и наладчики инструментов и станков. Такая организация инструментального хозяйства позволяет вести настройку на размер большинства инструментов заблаговременно по координатным размерам, не связывая ее с обработкой конкретной детали.

§ 6. СТРУКТУРЫ АВТОМАТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ И УЧАСТКОВ ИЗ СТАНКОВ С ЧПУ

Структуры автоматических линий из станков с ЧПУ

На рис. 165 показана схема комплексной автоматической линии из обрабатывающих центров и резьбонарезных станков, оснащенных автоматической загрузкой, с управлением от ЭВМ. Станки расположены по обе стороны петли рольгангового транспортера.

Станочное оборудование автоматической линии: обрабатывающие центры *10* (с линейным перемещением по трем осям, поворотом стола, делительным поворотом горизонтального патрона, расположенного на поворотном столе), оснащенные индивидуальной системой управления *12* и гидростанцией *13*, и многошпиндельные сверлильные и резьбонарезные станки *15* с автоматической загрузкой приспособлений-спутников.

При необходимости каждый из обрабатывающих центров может быть выключен из автоматической линии и работать индивидуально. Для обработки большой партии однотипных деталей несколько обрабатывающих центров могут иметь одинаковую оснастку и работать по одинаковым программам. При обработке сложной детали емкости одного магазина инструментов может не хватить, в этом случае два и более обрабатывающих центра необходимо налаживать на последовательную обработку одной детали. Обрабатывающие центры могут быть использованы и для выполнения специфичных операций: сверления, зенкерования, фрезерования и т. д. Внелинейное транспортирование и накопление заготовок осуществляется подвесным монорельсовым транспортером *7*. Работой транспортера управляет ЭВМ. Заготовки загружают на полки, подвешенные на вертикальных штангах, которые соединены с конвейерными тележками. В местах накопления заготовок имеются устройства для распознавания заготовок по номерам и их состоянию в соответствии с командами с пульта управления. В свою очередь обслуживающий линию персонал также может управлять перемещением тележек с заготовками с пульта *21*.

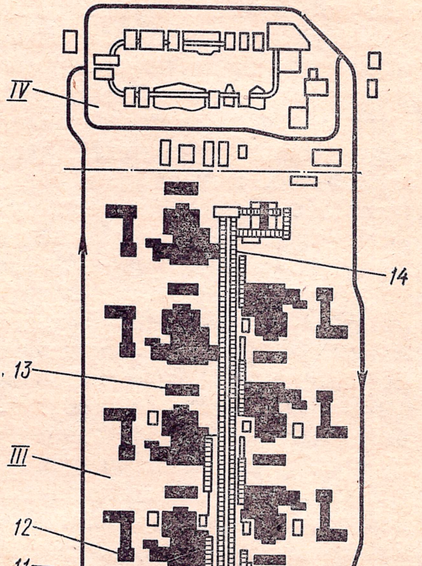


Рис. 165. Автоматическая линия из станков с ЧПУ

На автоматической линии обрабатываются небольшими партиями корпусные детали и сопряженные с ними крышки, фланцы и другие детали с максимальным размером 300 × × 300 × 300 мм. Транспортирование и обработка заготовок ведется на приспособлениях-спутниках. Качество заготовок и подготовка баз для их дальнейшей установки на приспособления-спутники проверяется вне линии на станках подготовительного участка *I*, установленных перед автоматической линией. Отсутствие внутренних раковин в отливках контролируется просвечиванием на специальной контрольной установке *22*. Участок подготовки баз состоит из шести станков (*1—3*, *5*, *6*, *20*): двух токарных, двух расточных и двух карусельных и моечной машины *4*.

Заготовки по подвесному монорельсовому транспортеру *7* попадают на участок складирования *II* перед автоматической линией или на участок финишной обработки *IV* для снятия заусенцев и выполнения других ручных операций. После выполнения указанных операций заготовки по транспортеру *7* поступают также на участок складирования *II* или на загрузочную позицию автоматической линии *III* в многопозиционный накопитель-штабелер *9*. Накопитель-штабелер имеет кнопочное управление и обеспечивает подачу приспособлений-спутников с заготовками на стол загрузки *8*. Нижние плоскости приспособлений-спутников обработаны под базовые плоскости приспособлений, установленных на столах обрабатывающих центров. Зажим приспособлений-спутников на обрабатывающих центрах производится гидрофицированными зажимными элементами. На передней грани каждого спутника содержится в зашифрованном коде информация, указывающая, на какой станок заготовка должна поступить. Эту информацию зашифровывает оператор по окончании установки заготовки на спутник. На станках *10* и *15* имеется управляемое по программе устройство, переустанавливающее на спутнике информационные контакты при переходе его после обработки с одного станка на другой. По мере движения по транспортеру приспособления-спутники проходят линию фотоэлектрических считывателей, расположенных на загрузочных приспособлениях станков *10* и *15*. При совпадении шифра станка и приспособления-спутника последний поступает на загрузочное приспособление станка *11*. Если же загрузочное приспособление занято, то приспособление-спутник двигается по рольганговому транспортеру *14* к другому станку с тем же шифром, но со свободным загрузочным устройством. Транспортер *14* автоматической линии выполнен замкнутым, и приспособление-спутник перемещается на нем до тех пор, пока один из станков не примет его. В момент загрузки на станок приспособление-спутник разворачивается на 90°. При наличии у станков одинакового шифра система управления обеспечивает очередность приемки приспособлений-спутников. Каждое возвращаемое после окончательной обработки детали приспособление-спутник промывается в моечной машине *16*. Все партии обрабатываемых деталей проходят контрольные проверки. Сведения о количестве контролируемых деталей в партии вводятся в систему управления работой линии. При изменении условий обработки наладчик или мастер может изменить ранее установленную выборку контролируемых деталей. Перед контрольной операцией отобранные детали (вместе с приспособлениями-спутниками) повторно кодируются, промываются в моечной машине *16* и подаются с транспортера на одну из измерительных машин *17*, оборудованную цифровой индикацией, где производится проверка правильности расположения осей отверстий. Точность диаметров расточенных отверстий проверяется с помощью пневматического нутромера. При обнаружении отклонений контролер подает команду на остановку соответствующего станка для подналадки. Годные детали возвращаются на транспортер *14* и подаются на станок в соответствии с заданной программой дальнейшей обработки. Для ряда деталей выполняются операции обезжиривания на специальной установке *18* и запрессовка стальных втулок на прессе *19*. Отдельные сборочные операции выполняются на конвейерной установке *23*. Обработанные детали подаются на участок окончательной обработки *IV*, на котором производятся очистка, контроль отсутствия литейных пороков, обдувка, снятие заусенцев и антикоррозионная обработка деталей. Весь инструмент налаживается вне станков на специальных приспособлениях. Комплекты инструментов для обработки соответствующих деталей в специальных сменных магазинах подаются с участка их наладки на станки и обратно на специальных тележках. Каждая тележка поступает к оператору с указанием по установке на станок.

На рис. 166 приведена функциональная схема системы управления автоматической линией, показанной на рис. 165. Часть оборудования системы управления автоматической линией находится в вычислительном центре *5*, другая — непосредственно в цехе *9*.

Система управления линией базируется на большой вычислительной машине *3*, способной управлять одновременно 250 различными станками *8*. Управляющие программы для станков хранятся в памяти на магнитных дисках *2*. При необходимости управляющие программы могут быть выведены на экран *1*. Автоматическая линия снабжена шкафами *4* с буферной памятью одновременно для работы 15 интерполяторов. Кадры управляющей программы, хранящиеся в памяти большой ЭВМ, поочередно передаются в буферную память со скоростью до 15 тысяч кадров в 1 мин. Интерполяторы упрощенного типа совместно с устройствами непосредственного станочного управления *6* располагаются в цехе на расстоянии до 1 км от вычислительного центра. У каждого станка находится специальный пульт *7* связи с ЭВМ, оснащенный экраном с электронно-лучевой трубкой и соответствующей клавиатурой.

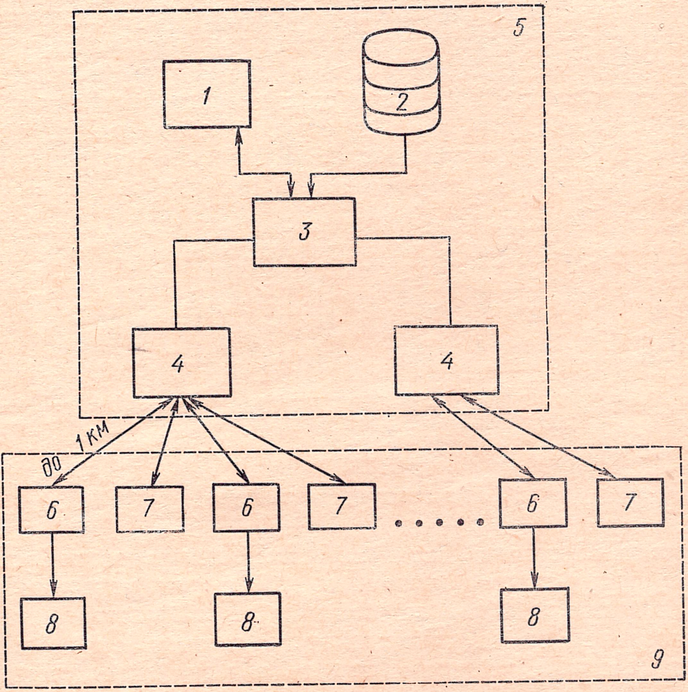


Рис. 166. Функциональная схема управления автоматической линией из станков с ЧПУ

Структуры автоматических участков из станков с ЧПУ

Автоматический участок для обработки тел вращения. Для механической обработки деталей типа валов, гильз, фланцев, дисков, кулачков, эксцентриков и других подобных деталей ЭНИМСом и заводом «Станкоконструкция» совместно с рядом других организаций создан автоматический участок с групповым программным управлением.

Участок (рис. 167) состоит из следующего оборудования: комплекта станков с ЧПУ; системы группового ЧПУ, которая управляет станками с помощью упрощенных пультов на рабочих местах; транспортно-накопительной системы; системы снабжения инструментом, выполняющей функции оперативного хранения и подачи на станок инструмента в соответствии с технологическим процессом, а также при его поломке; ЭВМ, которая управляет работой участка, контролирует и учитывает производство.

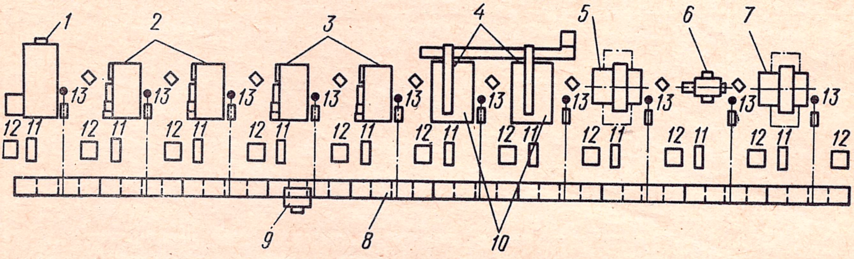


Рис. 167. Автоматизированный участок АУ-1

В комплект станков входят: фрезерно-центровальный станок *1* с инструментальным магазином, на этом станке выполняются операции по подготовке баз у деталей типа валов: фрезерование торцов и центрование; два токарных центровых автомата с револьверными четырехпозиционными головками *2*, обрабатывающие простые валы, не требующие большого количества режущего инструмента; два токарных автомата с револьверными головками *3*, служащие для обработки деталей типа фланцев среднего размера; два следующих патронно-центровых станка *4*, оснащенные инструментальными магазинами на восемь позиций, служат для обработки валов и фланцев сложной конфигурации и максимальных для участка размеров. Таким образом, обеспечивается специализация токарных станков. Вертикально-фрезерные станки *5* (с 12-позиционным инструментальным магазином) и *7* и вертикально-сверлильный станок *6* с шестипозиционной револьверной головкой предназначены для сверлильной обработки деталей типа фланцев и плоских кулачков. Такой состав оборудования обеспечивает полную токарную обработку наружных, внутренних и торцовых поверхностей с прямолинейными и криволинейными образующими, сверление, развертывание, цекование, нарезание резьбы, фрезерование пазов, лысок, канавок, граней, различных профильных кривых и т. д.

В транспортно-накопительную систему деталей входят автоматизированный склад *8*, обслуживаемый электроштабелером *9*, и устройство для транспортирования заготовок, полуфабрикатов и готовых деталей по участку. Хранение и транспортирование деталей небольшими партиями осуществляется в специальной таре.

Автоматизированный склад *8* представляет собой трехъярусные стеллажи, состоящие из отдельных ячеек. Одна из ячеек в начале склада служит для приема заготовок, ячейка в конце склада служит для выдачи готовых деталей. Каждая ячейка рассчитана на две тары. Тара с заготовками к станку доставляется на тележке, в то время другая тележка с партией деталей находится у станка. По окончании обработки всей партии тележки меняются местами. Перемещение тележек осуществляется автоматически. Загрузка деталей из тары в патрон станка, разгрузка и укладка в тару производятся роботом *13*.

Электроштабелер *9* представляет собой каретку, перемещающуюся по двум координатам вдоль стеллажей. При этом он выполняет следующие функции: автоматический поиск нужной партии заготовок или полуфабрикатов и установка их на соответствующую тележку; снятие полуфабрикатов или готовых деталей с тележки и передача их в свободные ячейки, распределение поступающих на участок заготовок по ячейкам склада и доставка готовых деталей к месту их выдачи. Работой транспортно-складской системы управляет ЭВМ.

Система снабжения инструментом состоит из устройств автоматической смены на станках и транспортера-накопителя режущего инструмента *10*, обслуживающего токарные станки *4*.

Транспортер-накопитель цепного типа со специальными гнездами для инструментальных блоков установлен рядом с обслуживаемыми станками со стороны задних бабок.

Смена инструмента осуществляется путем двух возвратно-поступательных движений станочного магазина. Сначала ненужный инструмент из магазина станка удаляется в пустое гнездо транспортера; затем транспортер перемещается, необходимый инструмент подводится к станку и передается в магазин. Все инструментальные блоки закодированы и могут быть установлены в любом пустом гнезде магазина и транспортера. Для поиска нужного инструмента по его коду предусмотрены считывающие устройства. Структура группового управления на участке АУ-1 от ЭВМ показана на рис. 168. Система управления состоит из устройств станочного управления *11* (см. рис. 167) с накопителем на магнитной ленте, установленного у каждого из станков, двух интерполяторов, соединенных каналами связи через коммутатор с записывающими головками накопителей, малой ЭВМ, соединенной со входами интерполяторов. ЭВМ обеспечивает хранение и покадровую выдачу программ на интерполяторы. Интерполяторы преобразовывают кодированную программу в унитарный код и передают ее по каналам связи для записи в накопитель соответствующего устройства станочного управления. Устройства станочного управления формируют и усиливают сигналы, считываемые с накопителя, и выдают их на соответствующие исполнительные органы станка.

Коммутатор позволяет присоединить выход любого из интерполяторов к входу любого устройства станочного управления. Запись программы в накопителе осуществляется при обработке первого изделия партии, при этом выход интерполятора с помощью коммутатора подсоединяется к записывающей головке накопителя. После

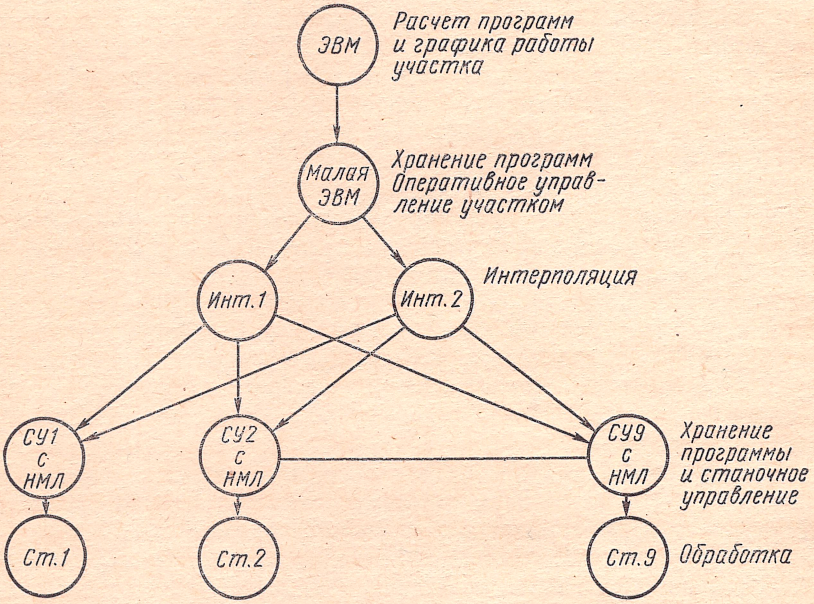

ЭВМ
Расчет программ и графика работы участка
Малая ЭВМ
Хранение программ Оперативное управление участком
Инт.1
Инт.2
Интерполяция
СУ1 с НМЛ
СУ2 с НМЛ
СУ9 с НМЛ
Хранение программы и станочное управление
Ст.1
Ст.2
Ст.9
Обработка

Рис. 168. Структура централизованного управления участком АУ-1

обработки первого изделия интерполятор отключается, а дальнейшая обработка изделий идет по программе, записанной в накопителе. Против каждого станка установлен пульт связи с диспетчером *12* (см. рис. 167), который наблюдает за производственным процессом и в случае необходимости вносит соответствующую корректировку в работу участка. Между диспетчерским отделением и рабочими местами установлена местная связь. Пользуясь ею, станочник сообщает диспетчеру и ЭВМ об окончании обработки очередной партии изделий, передает требования на режущий инструмент и т. п., а также сообщает о незапланированных простоях оборудования.

Автоматическое производство для обработки корпусных деталей

Для механической обработки корпусных деталей средних размеров ЭНИМСом и заводом «Станкоконструкция» создано автоматизированное производство. Номенклатура обрабатываемых изделий — 120—180 наименований в год.

В состав производства входят: шесть станков с ЧПУ с автоматической сменой инструмента, разметочная машина, контрольно-измерительная машина, автоматизированный склад изделий, заготовок и полуфабрикатов со штабелером, центральная электронно-вычислительная машина; отделение подготовки приспособлений и инструмента.

Управление производством осуществляется от ЭВМ.

Транспортирование обрабатываемых изделий осуществляется на приспособлениях-спутниках. Автоматизированы транспортно-загрузочные операции: подача спутника с заготовкой на стол станка, базирование и закрепление спутника на столе станка, включение станка и выполнение операций механической обработки различными инструментами с нескольких сторон; открепление спутника, эвакуация спутника с обработанным изделием. Транспортные операции по перемещению заготовок и приспособлений внутри склада выполняются по программе от ЭВМ с помощью штабелера.

На участке подготовки производства производятся вручную установка и закрепление заготовки на спутнике, а также смена инструментов в магазинах станков.

Контроль заготовки и предварительные разметочные операции выполняются на разметочной машине с цифровой индикацией.

Выходной контроль обработанных изделий производится на специальной контрольно-измерительной машине с ЧПУ.

Разметочная и контрольно-измерительные машины обслуживаются общим для всего производства автоматическим складом. Установка и закрепление заготовок осуществляется оператором.

Система централизованного управления производством от ЭВМ выполняет следующие функции:

— оперативное планирование производства и учет фактического состояния;

— диспетчеризация работы транспортно-складской системы;

— подготовка, контроль и хранение управляющих программ;

— выдача управляющих программ и управление работой станков с ЧПУ;

— оперативная корректировка управляющих программ.

Для успешной эксплуатации производства предусмотрены специальные отделения по его подготовке; инструментальное и сборки приспособлений.

В инструментальном отделении осуществляется подготовка комплектов инструментов для выполнения каждой операции. Размерная настройка инструментов производится на специальных приспособлениях до его поступления на оборудование.

В отделении сборки приспособлений производится сборка зажимных приспособлений для каждого вида заготовок из элементов универсально-сборной оснастки,

§ 7. НАЛАДКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ УЧАСТКОВ И ЛИНИЙ ИЗ СТАНКОВ С ЧПУ

Несмотря на то что в эксплуатации участков из станков с ЧПУ накоплен еще небольшой опыт, все же можно говорить о работе наладчиков на этих участках.

Внедрение в производство автоматических линий и участков из станков с ЧПУ является сложным организационно-техническим мероприятием. При пуске в промышленную эксплуатацию столь сложного оборудования необходимо, чтобы в цехе был разработан конкретный план работы, охватывающий все службы и цехи, участвующие в их осуществлении. Должны быть учтены следующие требования:

1. Участок или линия должны быть установлены в светлых и чистых помещениях с небольшими колебаниями температуры.
2. Необходима непрерывная загрузка в режиме двухсменной работы. Коэффициент использования рабочего времени оборудования участка составляет не менее 0,7—0,8.
3. Участок должен обслуживаться работниками высокой квалификации, получившими специальные знания по наладке оборудования с ЧПУ.

Под наладкой оборудования автоматических участков и линий из станков с ЧПУ понимается выполнение комплекса работ по регулированию и согласованию взаимодействия всех узлов оборудования, систем снабжения заготовками, инструментом и приспособлениями, настройке требуемых циклов и режимов обработки, установке и проверке управляющих программ, пробного пуска и контроля обработанных деталей. По окончании наладки каждая единица оборудования, автоматическая линия или участок в целом должны обеспечить выполнение заданных функций с требуемой производительностью и качеством обработки. По характеру выполнения различают первоначальную и текущую наладку оборудования.

Первоначальная наладка выполняется в два этапа: непосредственно после сборки на заводе-изготовителе оборудования и на заводе-потребителе (у заказчика) после окончательного монтажа.

Текущая наладка (подналадка) осуществляется в процессе эксплуатации и после ремонта оборудования.

Для выполнения работ по первоначальной наладке требуется подготовить оборудование к пуску. В процессе подготовки оборудования к первоначальному пуску наладчику необходимо:

— внимательно изучить паспорт и руководство по обслуживанию оборудования, его особенности и работу, действие органов управления и системы блокировок, назначение всех кнопок и сигнальных лампочек, а также общие и специальные правила по технике безопасности, относящиеся к данному типу оборудования;

— подготовить рабочее место;

— проверить в оборудовании наличие заземлений и ограждений;

— провести смазку всех трущихся пар согласно карте смазки, находящейся в паспорте оборудования;

— проверить (путем внимательного осмотра) состояния направляющих столов, ползунов, суппортов и других узлов, чтобы на их рабочих поверхностях не было забоин, заусенцев, ржавчины и других дефектов;

— проверить наличие подачи сжатого воздуха в пневмосистему оборудования, а также подачу СОЖ;

— проверить плавность перемещений (на отсутствие рывков и заеданий) столов, суппортов, ползунов и других движущихся узлов оборудования, а также плавность работы зубчатых, червячных, цепных и других передач (проверить отсутствие повышенного шума и вибраций);

— подготовить приспособления, режущий, вспомогательный и мерительный инструмент, заготовки для обработки первых деталей.

Затем производится первоначальный пуск оборудования на холостом ходу.

В процессе первоначального пуска оборудования на холостом ходу (в течение 2—4 ч) необходимо проверить:

— поступление масла в достаточном количестве во все предусмотренные точки смазки;

— работу насосов смазки на отсутствие в них утечек масла;

— отсутствие утечки масла из мест присоединения трубопроводов, стыков гидропанелей, крышек, маслоуказателей и т. д.;

— соответствие давления масла в гидросистемах приводов и воздуха в пневмосистемах;

— безотказность срабатывания кнопок «*Пуск*» и «*Стоп*», сигнальных лампочек, цифровой индикации и блокировок на останов и пуск отдельных узлов станков путем многократного нажатия наладчиком соответствующих кнопок;

— работу отдельных узлов оборудования и ЧПУ на холостом ходу, в том числе плавность, отсутствие рывков, наличие замедленного движения. В случае повышенного нагрева трущихся частей (выше 40—50° С) из-за отсутствия (недостаточности) смазки или заклинивания работа оборудования должна быть немедленно прекращена до выявления причин и устранения дефекта;

— проверка выполнения механизмами оборудования управляющих команд от программоносителя. Выполняется по опытным программам последовательно. Вначале проводится наладка станков, а затем транспортных устройств.

По окончании испытания оборудования на холостом ходу необходимо приступить к его наладке при резании.

Наладка различных типов станков с ЧПУ зависит от их конструкции и рассматривается в соответствующих разделах книги.

Высокие требования предъявляются к профессиональному мастерству наладчика, обслуживающего автоматические участки и линии из станков с ЧПУ. Он должен не только знать конструктивные и эксплуатационные особенности обслуживаемого оборудования:

многооперационных станков с ЧПУ, инструментальных магазинов и транспортеров, устройств для автоматической смены инструментов, но и обладать необходимыми техническими знаниями для контроля за протеканием автоматического процесса обработок и при необходимости корректировки его. В особых случаях наладчик вмешивается в процесс формообразования, а если необходимо, то прекращает работу станка до выявления причин отклонений и их устранений.

Текущая наладка выполняется при переходе на обработку другой детали. При этом наладчик должен сменить, если нужно, программу, инструмент, зажимные приспособления, настроить станок.

С пульта цифрового программного управления отдельным оборудованием наладчик может управлять его автоматической и ручной работой.

Организация работы автоматического участка (линии)

Сведения о потребностях основного производства в деталях, которые должны обрабатываться на участке (линии) в определенный календарный период, поступают диспетчеру участка. Диспетчер вводит эти данные в ЭВМ, которая вырабатывает суточное задание на работу участка (линии).

В соответствии с суточным заданием производится загрузка деталей в тару или на спутники транспортной системы и установка на склад. ЭВМ осуществляет управление работой склада, транспортной системой, подготовку и покадровую выдачу по запросам станков рабочих управляющих программ в индивидуальные системы ЧПУ станков или выдачу массивов рабочих управляющих программ в систему группового управления, выдачу информации диспетчеру участка (линии) о ходе производства и выдачу указаний персоналу, занятому загрузкой склада или транспортной системы. Кроме того, производится распечатка сменных протоколов о ходе производства.

Рабочий, занятый загрузкой заготовок в тару и установкой ее на склад или загрузкой на спутники транспортной системы и закреплением, сообщает о выполненной работе ЭВМ. ЭВМ в соответствии со сменным заданием, в котором имеется маршрут обработанной детали, выдает сигнал в систему управления транспортными устройствами, отправляющими тару с заготовками или приспособления-спутники на позицию ожидания на складе или у станков.

После того как на станке кончится обработка предыдущей детали и станок освободится, тара с заготовками или спутник с заготовкой подаются на рабочий стол или патрон станка, где происходит их закрепление. При необходимости до закрепления производится переналадка патрона и переустановка инструментов. После этого в ЭВМ выдается сигнал готовности станка к работе и ЭВМ начинает выдавать кадры рабочей управляющей программы. В это же время дается команда на автоматическую подачу в магазин станка необходимого комплекта инструмента. После обработки на данном станке в условиях автоматического участка полуфабрикат поступает на склад и ожидает в соответствии со сменным заданием вызова на обработку к следующему станку.

В условиях обработки на автоматической линии полуфабрикат поступает на позицию транспортной системы для дальнейшей обработки на следующем станке.

Если за один установ заготовку обработать на участке или линии нельзя, она возвращается к рабочему, занятому загрузкой заготовок, и он производит их перестановку. При обработке сложных корпусных деталей количество перестановок доходит до пяти.

После того как тара с заготовками или приспособление-спутник с деталью прошли весь необходимый цикл обработки, производится выборочный ручной или автоматический контроль деталей.

В случае выхода из строя ЭВМ управление транспортной системой в соответствии с заданным сменным заданием осуществляется диспетчером участка. В этом случае станки с индивидуальными системами ЧПУ управляются от перфо- или магнитных лент, а групповые системы не работают.

Работа участка подготовки инструмента

На участке подготовки инструмента производится предварительная настройка режущего и вспомогательного инструмента на специальных приспособлениях. Подготовленный инструмент хранится на стеллажах.

При транспортировке инструмента от участка настройки к станкам с ЧПУ или инструментальным транспортерам применяют специальные тележки, в которых инструмент крепится в плитах, размещенных на тележках в несколько горизонтальных рядов.

Гнезда, приемники и другие посадочные места выполняют из пластмассы, что способствует сохранности рабочих и базовых поверхностей инструмента.

В процессе отладки станка возможна окончательная подналадка инструмента. При запуске партии деталей необходимо иметь три комплекта стандартных инструментов: один — в револьверной головке или инструментальном магазине станка, второй — подготовленный для замены; третий находится на заточке или контроле.

Контроль качества обработки

На автоматических участках и линиях из станков с ЧПУ применяется система контроля качества обработки, использующая как обычный контроль ручными приспособлениями, так и контрольное оборудование с программным управлением. Для наладки станков с ЧПУ, выборочного, операционного и окончательного контроля применяются легко переналаживаемые широкопредельные измерительные приборы, обычно оснащенные показывающими устройствами. Настройка приборов ведется с помощью эталонов.

На рис. 169, *а* приведен общий вид скобы для контроля наладчиком цилиндрических и других поверхностей в широком диапазоне

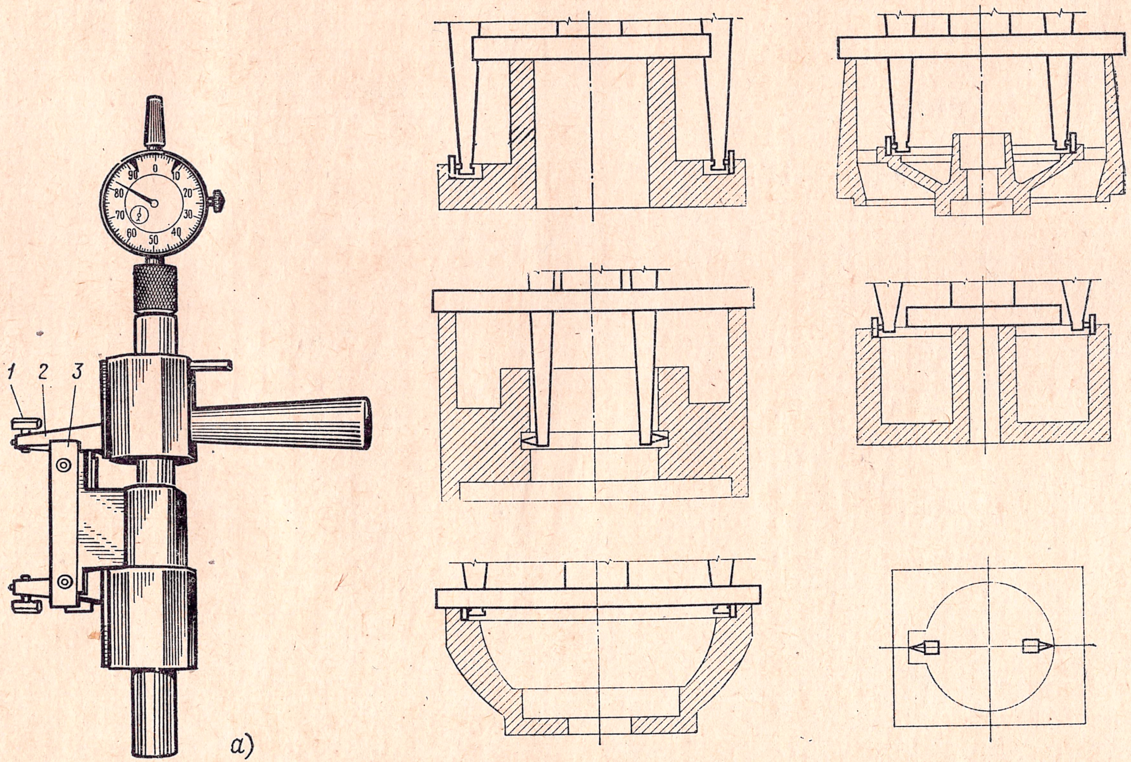

1
2
3
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
а)

Рис. 169. Прибор для ручного контроля цилиндрических и других поверхностей:
а — общий вид, *б* — примеры переналадки скобы

размеров с помощью сменных губок *1*, рычагов *2*, упорных планок *3*. Сменные детали поступают на рабочее место наладчика вместе с эталонами для настройки. На рис. 169, *б* показаны примеры переналадки скобы для измерения различных деталей.

При изготовлении деталей на участках и линиях используют контрольное оборудование с программным управлением, которое выполняет следующие функции:

— контроль припуска на обработку, например, после установки заготовки в приспособление-спутник, что позволяет установить число проходов при обработке;

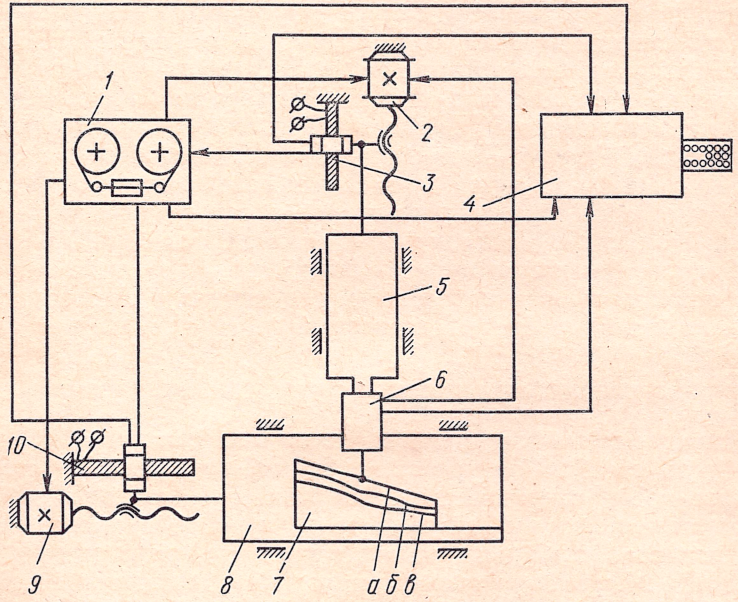


Рис. 170. Блок-схема координатной измерительной машины с ЧПУ

— межоперационный контроль обработанной детали (в станках с адаптивным управлением используется для определения отклонений и внесения коррекции в программу);

— установление припуска под финишную обработку;

— окончательный контроль обработанных деталей сложной формы с составлением карточки результатов обмера, которая вместе с обработанной деталью поступает на сборку.

В качестве оборудования используются контрольно-измерительные машины, конструктивно похожие на координатно-расточной станок нормального типа.

Основными узлами и блоками различных контрольно-измерительных машин являются: блок ЧПУ, измерительная головка, каретка для координатных перемещений головки, приводы кареток, датчики и блок ввода информации. В условиях участка (линии) контрольно-измерительные машины имеют свою систему ЧПУ или управляются от ЭВМ.

Блок ЧПУ управляет приводами кареток, которые перемещают измерительную головку относительно измеряемой детали по определенной траектории. В процессе измерения в систему вывода информации поступают сигналы о положении измерительного наконечника головки, контактирующего с деталью, а в некоторых случаях и сигналы с датчиков положения кареток. После обработки полученной информации регистрируются отклонения профиля реальной детали от заданных размеров или координаты отдельных точек детали. На рис. 170 приведена блок-схема контрольно-измерительной машины. В соответствии с программой в блоке *1* ЧПУ или по команде от ЭВМ вырабатываются командные импульсы. Приводы *2* и *9* в соответствии с этими импульсами и сигналами датчиков *3* и *10* обратной связи перемещают каретки *5* и *8* таким образом, чтобы наконечник измерительной головки *6* описывал образцовую траекторию *а*. При совпадении образцовой траектории *а* с номинальным контуром *б* во всех или некоторых точках измерительная головка воспринимает отклонения контура *в* измеряемой детали *7* от номинального, которые фиксируются блоком *4* вывода информации без дополнительной обработки. При контроле отверстий головка сначала находит центр отверстия и фиксирует его, а потом измеряет диаметр отверстия.

Плановое обслуживание и ремонт участка (линии)

Для автоматических линий и участков из станков с ЧПУ принята двух- и трехсменная работа. При такой загрузке оборудования необходимо его периодическое обслуживание и плановый ремонт. В настоящее время в промышленности еще не разработан специальный ремонтный цикл для автоматических линий и участков из станков с ЧПУ. Поэтому рекомендуется для оборудования пользоваться материалами, принятыми для автоматических линий массового производства. В процессе эксплуатации оборудования участков и линий будет происходить систематическое накопление информации о причинах отказов и статистический анализ этих данных позволит установить оптимальные по времени и объемам циклы обслуживания и ремонта. Поэтому необходимо введение гибкой структуры ремонтного цикла с продолжительностью межремонтных периодов, определенной на основе анализа состояния оборудования. Количество плановых ремонтов в цикле должно быть различным в зависимости от конструктивных особенностей и интенсивности эксплуатации оборудования.

Специфичными узлами станков, встроенных в автоматические участки и линии, являются системы автоматического выбора инструментов. Наиболее частые отказы происходят в цепях ввода кода инструмента.

Причиной неисправности могут быть обрыв соединительных проводов, незамыкание контакта, загрязнение контакта, перегорание осветительной лампочки (в случае фотосчитывания), замыкание в проводах, засорение контакта стружкой, спайка контакта. Указанные неисправности приводят к безостановочному движению магазина или вызову других ненужных для работы инструментов.

Для контроля за состоянием системы ЧПУ применяется оперативный контроль (контроль в процессе работы) за арифметическими и логическими операциями и специальные программы-тесты, что позволяет избежать брака.

В большинстве станков, встроенных в автоматические участки и линии, осуществляется контроль вводимой информации, обнаруживающей неисправности в блоке считывания. В случае ошибки при вводе кадра прекращается ввод программы и тем самым предотвращается поломка инструмента, а также выход детали в брак. После устранения неисправности работа может быть возобновлена с кадра, на котором произошла остановка, без потери информации.

Режим эксплуатации станков с ЧПУ предусматривает специальное время для работы по тест-программе. При прогоне тест-программы своевременно выявляются отказы устройств.

Для проверки работы системы программного управления применяются тесты, обнаруживающие неисправности.

Профилактический тестовый контроль проводится перед началом работы в режиме ускоренного холостого прогона тест-программы, результаты проверяются по показаниям индикационных табло, которыми снабжается оборудование участков и линий. Обнаружение нарушений синхронизации движения ленты, перекосов и других механических дефектов в ленте и лентопротяжном механизме определяется при контроле ведущей дорожки перфоленты. Для быстрейшего нахождения неисправностей в системах ЧПУ станков предусмотрены схемы ручных проверок: контроль питания, температуры в пульте управления, состояния регистров памяти, работы сервомеханизмов и т. д.

Для сложных участков применяется система диагностирования отказов с помощью ЭВМ. При возникновении отказов в работе оборудования, после того как использованы диагностические возможности самой системы ЧПУ, подключают ЭВМ, имеющую в своей памяти комплект тестовых программ, которые могут быть переданы в память системы ЧПУ станка. Информация о кратковременных отказах запоминается в центральной ЭВМ для последующего анализа и выявления причин отказов.

Контрольные вопросы

1. Расскажите, в каких случаях следует применять автоматические участки и линии из станков с ЧПУ.
2. Расскажите, чем отличается автоматический участок из станков с ЧПУ от автоматической линии из станков с ЧПУ.
3. Расскажите, из каких конструктивных элементов состоят автоматический участок и автоматическая линия.
4. Расскажите, где применяются промышленные роботы.
5. Какие требования предъявляются к инструменту, применяемому на автоматическом участке (линии) из станков с ЧПУ?

6. Расскажите о настройке инструмента для станков с ЧПУ.

7. Что вы знаете об инструментальном магазине?

8. Как выполняется первоначальная наладка участка из станков с ЧПУ?

9. В чем заключаются функции наладчика при переходе на обработку другой детали?

10. Как производится контроль наладки оборудования участка (линии) при обработке плоских деталей большими партиями?

11. Как должна быть организована работа автоматического участка (линии)?

12. Как проводится контроль качества обработки на автоматических участках и линиях станков с ЧПУ?

13. Расскажите об организации планового обслуживания и ремонта участка.

14. Расскажите о методах предупреждения отказов оборудования с ЧПУ.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Мнемонические изображения на пультах устройств числового программного управления

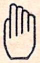
Символы для определения и индикации функций управления на пультах устройств числового программного управления окончательно еще не установлены. Ниже приводятся наиболее часто применяемые символы.

I. Основные символы

Большинство символов составлено на базе основных символов, которые применяются повторно и последовательно в качестве основы символов для группы функций.

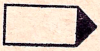
1. Ручное управление.

Символ используется для обозначения функций управления работой устройства вручную.



2. Пропуск программы при рабочем режиме станка.

Используется как основа для символов, обозначающих программу для опознавания режимов или функций при рабочем режиме.



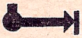
3. Стрелка, указывающая направление.

4. Кадр.

Применяется для опознавания и определения функций, относящихся к кадрам программы.

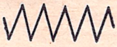
5. Коррекция.

Используется для определения функций коррекции, т. е. соответствующего смещения всех значений данных станка от определенных величин, с учетом изменений размеров инструмента.



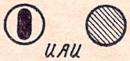
6. Подача.

Используется как основа для символов, обозначающих передвижение рабочих органов станка.



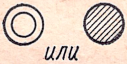
7. Включение.

Используется как основной символ для обозначения функций включения.



8. Выключение.

Используется как основной символ для определения функций выключения.



9. Ошибка, сбой.

?

II. Символы, применяемые на пультах устройств ЧПУ

1. Индикация информации:

а) индикация геометрии по адресам, например:

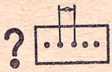
X,Y,Z,V,W

б) индикация технологии по адресам, например:

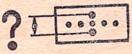
S,M,T

в) индикация номера кадра

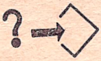
2. Аварийная сигнализация:
а) ошибка считывания:
— по структуре



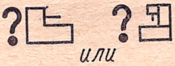
— по паритету



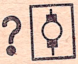
б) ошибка ввода



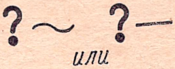
в) ошибка привода:
— сбой станка



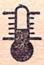
— сбой устройства управления шаговым приводом



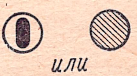
г) отсутствие питания



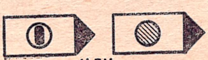
д) превышение температуры



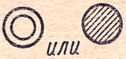
3. Команды кнопочные:
а) включение
— питания



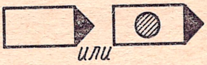
— программы



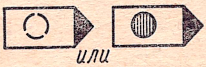
б) выключение
— питания



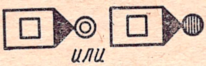
— программы



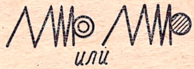
в) остановы
— технологический



— по концу кадра

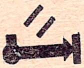


— стоп подачи

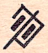


г) сброс:

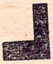
— коррекции



— памяти



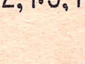
д) зеркально



в) масштаб

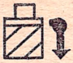
1:2, 1:5, 1:10

ж) ввод

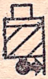


4. Коррекции, наборы цифровые:
коррекции:

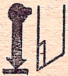
— длины инструмента



— радиуса инструмента

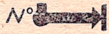


— положения инструмента

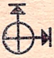


б) наборы цифровые:
— номера кадра

— номера коррекции



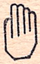
— смещения нуля



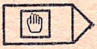
— по адресам, например:

S, M, T, G, N, L, F

5. Задание режимов:
режимы работы устройства:
— ручное управление

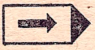


— ручной ввод данных

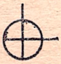


— сброс

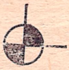
— автомат



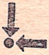
— выход в точку



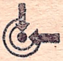
— исходное



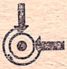
— позиционирование



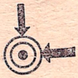
— точное позиционирование



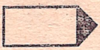
— нормальное позиционирование



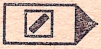
— грубое позиционирование



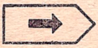
б) режимы работы фотоотсчитывающего устройства (ленты):
— полная программа



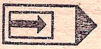
— основная программа



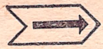
— ускоренная программа



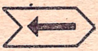
— работа по кадрам



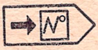
— перемотка ленты вперéд



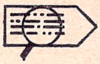
— перемотка ленты назад



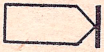
— поиск кадра



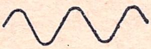
— проверка ленты



— конец программы

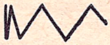


в) режимы работы привода
— быстрый ход

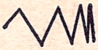


— работа по шагам

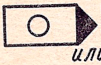
— разгон

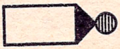


— торможение



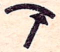
— останов программы



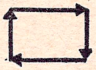


или

г) контроль



д) цикл



ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ОБЛАСТИ ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ СТАНКАМИ, И ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ (см. ГОСТ 20523—75)

Термины	Определения
Дискретность систем числового программного управления станком	Минимальное возможное задание перемещения (линейного или углового) по осям координат рабочего органа станка
Задание размеров в абсолютных значениях	Способ задания размеров в программе управления станком, при котором все координаты определяются относительно координат некоторой нулевой точки, называемой нулем отсчета координат
Задание размеров в приращениях	Способ задания размеров в программе управления станком, при котором все координаты определяются относительно координат предыдущего положения исполнительного органа станка
Интерполятор системы числового программного управления станком	Вычислительный блок системы числового программного управления станком, задающий последовательность управляющих воздействий для перемещения рабочих органов станка по осям координат в соответствии с функциональной связью между координатами опорных точек, заданных программой управления станком
Коррекция программы управления станком	Отклонение в программе управления фактического значения какого-либо параметра (скорости, подачи, скорости главного движения, положения рабочего органа) от расчетного, реализуемого устройством числового программного управления по данным, вводимым оператором вручную с пульта управления
Ось координат станка с числовым программным управлением	Направление, совпадающее с перемещением рабочего органа станка по направляющей опоре в соответствии с программой управления станком, связанное с одной единицей привода
Программа управления станком	Последовательность команд, обеспечивающая заданное функционирование рабочих органов станка
Система подготовки программ управления станком автоматизированная	Система подготовки программ управления станком, реализующая процесс подготовки программ и их контроль с применением автоматических устройств переработки информации, в частности цифровых вычислительных машин и соответствующего математического обеспечения

Термины	Определения
Система числового программного управления станком	Совокупность специализированных устройств, методов и средств, необходимых для осуществления числового программного управления станком
Скорость контурная	Результирующая скорость подачи рабочего органа станка, направление которой совпадает с направлением касательной в каждой точке заданного контура обработки
Управление станком числовое программное	Управление обработкой на станке или перемещением рабочих органов по программе, заданной в алфавитно-цифровом коде
Управление станком числовое программное комбинированное	Числовое программное управление, сочетающее функции контурного и позиционного числового программного управления станком
Управление станком числовое программное контурное	Числовое программное управление станком, необходимое для обеспечения автоматического перемещения его рабочего органа по траектории и с контурной скоростью, заданными программой управления станком
Управление станком числовое программное позиционное	Числовое программное управление станком, необходимое для обеспечения автоматической установки рабочего органа станка в позицию, заданную программой управления станком, без обработки в процессе перемещения рабочего органа станка
Управление станком числовое программное от ЭВМ	Числовое программное управление станком, при котором в состав системы числового программного управления входит ЭВМ, используемая для выполнения некоторых или всех основных функций числового программного управления в соответствии с программами управления станком
Числовое программное управление станками	Числовое программное управление группой станков от одной ЭВМ, когда ЭВМ обеспечивает хранение программ, управления и их распределения по запросам от станков
Шаговый двигатель	Двигатель, вал которого поворачивается на одинаковый угол (шаг) при каждом переключении тока в обмотках управления (сокращенное обозначение ШД)

Продолжение прилож.

Термины	Определения
Эквидистанта	Траектория движения центра инструмента, обеспечивающая обработку заданного контура детали
Юстировка средств измерений	Совокупность операций по доведению погрешностей средств измерений до значений, соответствующих техническим требованиям

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Зазерский Е. И., Жолнерчик С. И. Технология обработки деталей на станках с программным управлением. Л., «Машиностроение», 1975.

2. Зусман В. Г., Розинов А. Г. и др. Способы подготовки программ и интерполятора для контурных систем числового управления станками. М., «Машиностроение», 1970.

3. Никитенко В. Д. Подготовка программ для станков с ПУ. М., «Машиностроение», 1973.

4. Рази А. А., Федотов А. И. Числовые системы программного управления машинами и агрегатами (справочное пособие). Лениздат, 1973.

5. Монахов Г. А. Справочник по станкам с программным управлением. М., «Машиностроение», 1975.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3
Введение 4
Глава I. **Фрезерные станки с программным управлением, их наладка и эксплуатация** 6
§ 1. Особенности фрезерных станков с программным управлением 6
§ 2. Точность фрезерных станков с программным управлением . . . 9
§ 3. Приспособления для закрепления заготовок при фрезеровании и их установка на станке 14
§ 4. Инструмент и оснастка для его закрепления на фрезерных станках с программным управлением 18
§ 5. Вертикально-фрезерный станок с программным управлением 6Р11Ф3 22
§ 6. Вертикально-фрезерный станок с программным управлением 6520Ф3 39
§ 7. Гидропривод фрезерных станков с программным управлением 50
§ 8. Вертикально-фрезерный станок с программным управлением 654Ф3 57
§ 9. Правила обслуживания, наладки и настройки фрезерных станков с ЧПУ 75
§ 10. Фрезерные станки с цикловым программным управлением . . . 79
Глава II. **Токарные станки с программным управлением, их наладка и эксплуатация** 98
§ 1. Конструктивные особенности и узлы токарных станков с программным управлением 98
§ 2. Точность токарных станков с ЧПУ и ее обеспечение 102
§ 3. Органы управления и настройка токарного станка 107
§ 4. Приспособления для закрепления деталей при токарной обработке 115
§ 5. Инструмент для токарных станков с ЧПУ 125
§ 6. Техническое обслуживание токарных станков с ЧПУ 132
Глава III. **Сверлильные и расточные станки** 159
§ 1. Особенности обработки на станках сверлильно-расточной группы 159
§ 2. Элементы программного управления в вертикально-сверлильных станках 164
§ 3. Радиально-сверлильный станок с программным управлением 2М55Ф2 172
§ 4. Программное управление в расточных станках 191
Глава IV. **Станки с ЧПУ для многоцелевой обработки** 199
§ 1. Основные особенности станков для многоцелевой обработки 199
§ 2. Конструктивные особенности и узлы многоцелевых станков с ЧПУ 200
§ 3. Настройка обрабатывающих центров. Управление станком . . . 206
§ 4. Обрабатывающий центр 2А622Ф4 220

Глава V. **Автоматические линии и участки из станков с ЧПУ** 229

§ 1. Область применения и классификация 229
§ 2. Транспортно-складские системы 233
§ 3. Конструкции зажимных приспособлений автоматических участков и линий 243
§ 4. Промышленные роботы 245
§ 5. Инструментальное хозяйство автоматических линий и участков из станков с ЧПУ 251
§ 6. Структуры автоматических линий и участков из станков с ЧПУ 254
§ 7. Наладка и эксплуатация автоматических участков и линий из станков с ЧПУ 262

Приложения 271
Основные термины, применяемые в области программного управления станками, и их определения (см. ГОСТ 20523—75) 275
Рекомендуемая литература 278

Анатолий Николаевич Ковшов
Валерий Аркадьевич Ратмиров
Иосиф Алтерович Вульфсон
Воля Львович Косовский
Ремир Борисович Марголит
Александр Михайлович Мейстель
Борис Ильич Черпаков

НАЛАДКА СТАНКОВ
С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Научный редактор В. С. Васильев. Редактор Е. Б. Коноплева. Художественный редактор В. П. Спирова. Технический редактор Н. В. Яшукова. Корректор Г. И. Кострикова.

Т-09975. Сдано в набор 15/III 1976 г. Подп. к печати 2/VII 1976 г. Формат $60 \times 90^{1}/_{16}$. Бум. тип. № 3. Объем 17,5 печ. л. Усл. печ. л. 17,5. Уч.-изд. л. 18,89. Заказ № 495. Тираж 20 000 экз. Изд. № М-18. Цена 53 коп.

БЗ-22-9 от 24/III-76 г.

Москва, К-51, Неглинная ул., 29/14.
Издательство «Высшая школа»

Ордена Трудового Красного Знамени Ленинградское производственно-техническое объединение «Печатный Двор» имени А. М. Горького Союзполиграфпрома при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 197136, Ленинград, П-136, Гатчинская ул., 26.

53 к.

НАЛАДКА СТАНКОВ С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ